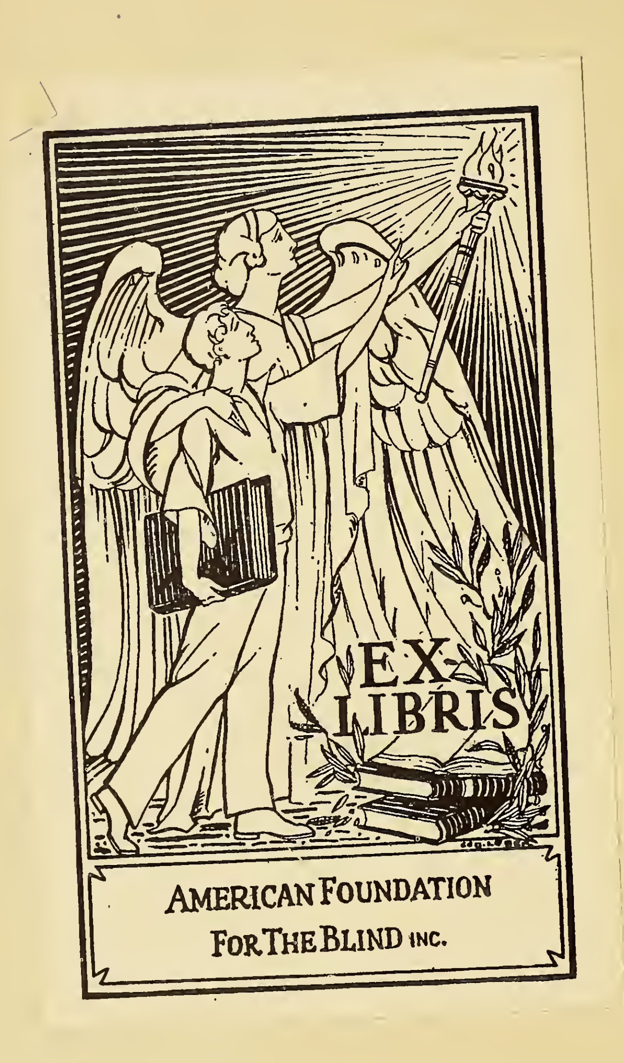
JOSEPH FRÖBES
S. J.

LEHRBUCH DER EXPERIMENTELLEN PSYCHOLOGIE

ERSTER BAND


EX
LIBRIS
AMERICAN FOUNDATION
FOR THE BLIND INC.

Copy 2

Lehrbuch der experimentellen Psychologie

Erster Band

Lehrbuch der experimentellen Psychologie

von

JOSEPH FRÖBES S.J.
Professor der Philosophie
an der philosophisch-theologischen Lehranstalt zu Valkenburg

Mit 64 Textfiguren und einer farbigen Tafel

ERSTER BAND

Zweite und dritte, umgearbeitete Auflage
3.—6. Tausend

Freiburg im Breisgau 1923
Herder & Co. G.m.b.H. Verlagsbuchhandlung

Buchdruckerei von Herder & Co. G.m.b.H. in Freiburg i. Br.

Made in Germany

Vorwort zur ersten Auflage.

Die Bedeutung der experimentellen Psychologie im Rahmen der übrigen Wissenschaften ist schon vielfach gewürdigt worden (vgl. *Marbe,* Fortschritte der Psychologie, I. Bd.). Mit einem Wort gesagt kommt der Psychologie im Reiche der Geisteswissenschaften, wie der Sprachwissenschaft, der Kunstwissenschaft, Religions-, Rechts- und Staatswissenschaft, eine ähnliche grundlegende Stellung zu wie der Physik und Chemie in der Gesamtheit der Naturwissenschaften. Wenn wir uns auf die hauptsächlicheren Fächer des Universitätsstudiums beschränken, ist die Bedeutung der empirischen Psychologie für sie nicht die gleiche. In der Rechtswissenschaft sind es besonders Fragen, wie die Zeugenaussagen, welche in wachsendem Maß das Interesse der Juristen für Psychologie geweckt haben; weshalb heute schon eigene psychologische Vorlesungen und Seminarübungen für Juristen vielerorts gehalten werden. Auf medizinischem Gebiet ist speziell für die Psychiatrie eine Fachkenntnis der experimentellen Psychologie zur unumgänglichen Vorbedingung jeder tiefergehenden wissenschaftlichen Erklärung geworden. Von maßgebenden psychiatrischen Kreisen ist das wiederholt anerkannt worden, und in den Fachzeitschriften tritt es auch augenfällig in die Erscheinung. Die Pädagogik ist zum großen Teil geradezu angewandte empirische Psychologie. An die Stelle der *Herbart*schen und ähnlicher Systeme, die hier einst unbestritten herrschten, tritt mit wachsender Intensität der Drang, die neuen psychologischen Resultate und Methoden der Pädagogik dienstbar zu machen. Äußere Zeugen dieses Strebens sind die verschiedenen pädagogisch-psychologischen Zeitschriften, das Aufkommen der experimentellen Pädagogik und besonders die fast übereilte Anwendung der neuen Ideen auf die Unterrichtspraxis.

Innerhalb der Philosophie im engeren Sinne ist die Bedeutung der empirischen Psychologie besonders klar für die spekulative Psychologie und diejenigen Teile von Logik und Ethik, die eine gründlichere Kenntnis der Intelligenz- und Willensakte voraussetzen. Solange eine experimentelle Psychologie noch nicht existierte, mochte man für die psychologische Spekulation mit den Tatsachen aus der gewöhnlichen Lebenserfahrung sich begnügen. Heute hieße ein derartiges Verfahren in vielen Fragen ein Gebäude ohne das entsprechende Fundament aufführen wollen. Man vergleiche nur einmal die ältere dürftige Lehre von der Sinneserkenntnis

und dem Gedächtnis mit der unübersehbaren Fülle von Tatsachen und Gesetzen der tief durchgearbeiteten Empfindungs-, Vorstellungs- und Wahrnehmungslehre oder der Assoziationspsychologie.

Die wachsende Bedeutung der neueren Psychologie hat, wie zu erwarten, auch schon vielfach zu einem intensiveren Betrieb derselben geführt. Auf den deutschen Universitäten pflegt das Fach in einer vierstündigen Vorlesung (jede Woche während eines Semesters) gelesen zu werden und wird von etwa der Hälfte aller Studierenden gehört. Für die beabsichtigte allgemeine Orientierung über die grundlegenden psychologischen Fragen mag das genügen. Die Bedeutung für die Fachphilosophie illustriert wohl noch besser der in mancher Hinsicht vorzügliche Plan eines philosophischen Kursus, den *Mercier* an der Löwener Universität begründete. Dort ist die gesamte spekulative Philosophie mit ihren sämtlichen Hilfswissenschaften in einem Triennium untergebracht mit einer Zeitverteilung der Einzelfächer, die ihrer Wichtigkeit für die Philosophie möglichst entspricht. Für die spekulative Psychologie, auf die etwa fünf Wochenstunden während eines Schuljahres kommen, sind als Vorbereitung neben andern Fächern etwa vier Wochenstunden empirische Psychologie während eines Jahres angesetzt.

Das vorliegende Lehrbuch beabsichtigt, das Material der experimentellen Wissenschaft in seinem augenblicklichen Stande in einer möglichst leichtverständlichen, schulgemäßen Weise zur Darstellung zu bringen. Es hat sich allmählich aus langjährigem Unterricht entwickelt, und ist gedacht als Lehrbuch für denselben bzw. als weiterführende Ergänzung eines summarischen Unterrichts und als Einführung in das Studium der Spezialwerke.

Die Eigenart des gegenwärtigen Lehrbuchs im Vergleich zu den vielen andern, zum Teil ausgezeichneten Behandlungen der neueren Psychologie sehe ich in Folgendem. Einmal sollte der Stoff in einer mittleren Ausdehnung dargestellt werden, weder im gedrängten Stil eines bloß einführenden Grundrisses noch auch in der breiten Ausführung eines Nachschlagewerkes, das für Fachpsychologen bestimmt wäre. Als Ziel schwebte mir vor, denjenigen, welche in der empirischen Psychologie Belehrung verlangen, etwas Ähnliches zu bieten, wie es beispielsweise die Mediziner in dem mit Recht geschätzten Lehrbuch der Physiologie von *Tigerstedt* oder ähnlichen Werken besitzen: ein etwas ausführlicheres Lehrbuch zur Einführung in alle Teile der Psychologie.

In der Auswahl des Stoffes wurde ferner erstrebt, etwas mehr, als es gewöhnlich geschieht, den Kontakt mit andern Wissenschaften und den Anwendungsgebieten herzustellen. Allerdings hat vorläufig die experimentelle Psychologie ihre Hauptarbeit auf die niederen Seelentätigkeiten verwendet und mußte sie darauf verwenden; dagegen wurden die für die Anwendungsgebiete wertvollsten höheren Tätigkeiten, die Phantasie-, Intelligenz-, Gefühls-, Willensleistungen, fast vernachlässigt. Mit Recht hat dagegen

W. Stern neuestens seine Stimme erhoben und verlangt, daß die Psychologie die höheren Gebiete des geistigen Lebens nicht der populären unwissenschaftlichen Darstellung überlassen dürfe. Den Psychiatern oder Pädagogen, die psychologische Resultate für ihr Gebiet verlangen, ist mit der einseitigen Behandlung von Empfindung, Wahrnehmung oder Großhirnlokalisation wenig gedient. Sie sind geneigt, darin eine Wiederholung der Physiologie zu sehen. Wenn auch im höheren Seelenleben die experimentelle Wissenschaft noch weit von den reichen Resultaten der niederen Seelenforschung entfernt ist, so sind doch auch hier schon manche interessante Ergebnisse zu verzeichnen. Daneben aber haben die Bedürfnisse des Lebens und vieler Wissenschaften sichere Erkenntnisse auf diesem Gebiet zu notwendig gehabt, um nicht ein beträchtliches Material auch darin zu sammeln. Es gilt nur dieses zu sichten und nach Möglichkeit in Zusammenhang mit dem schon fester begründeten anderweitigen psychologischen Wissen zu bringen.

Dagegen glaubte ich mir in einem andern Punkte eine prinzipielle Beschränkung auflegen zu sollen, nämlich betreffs der metaphysischen Grundfragen der Seelenlehre. Nach der induktiven Logik geht eine experimentelle Wissenschaft nicht vom Höchsten, Zusammenfassenden aus, von der Erklärung durch die Substanz etwa, sondern von dem unmittelbar Gegebenen, den Tatsachen. Mit ihrer Feststellung, Ordnung, Eingliederung in Gesetze und Verallgemeinerungen pflegen sich die übrigen experimentellen Wissenschaften zu begnügen und überlassen die allgemeinsten Fragen einer philosophischen Zusammenfassung, z. B. der Naturphilosophie auf dem Gebiete der Naturwissenschaften. Methodisch verfehlt wäre es, in der Einleitung der Tatsachenwissenschaft durch einige wenige Spekulationen gewissermaßen nebenbei, die philosophische Grundlage des folgenden Gebäudes zu legen und die Erklärung der Einzeltatsachen darauf wie auf ein bewiesenes Fundament zu stützen. Die Folge davon wäre, daß die empirische Wissenschaft so den Anschein gewinnt, ebensowenig verläßlich zu sein wie ihr metaphysisches Fundament. Ich habe nicht vor, diesen grundlegenden und wichtigsten Fragen überhaupt aus dem Wege zu gehen, sondern hoffe sie an anderer Stelle ausführlich darzustellen. Wer die Anschauungen kennen zu lernen wünscht, die mir am nächsten liegen, vergleiche einstweilen das vorzügliche Lehrbuch der allgemeinen Psychologie von *Geyser*.

Die Anordnung des Stoffes ist im großen und ganzen diejenige, die sich in den Lehrbüchern unsrer Wissenschaft schon ziemlich eingebürgert hat. Der erste Band enthält die Behandlung der elementareren psychischen Prozesse, die sinnlichen Elemente, besonders die Empfindungen, die Vorstellungen und Wahrnehmungen, die psychologische Methodik im allgemeinen, die Assoziationsgesetze. Manche Kapitel, besonders des zweiten Abschnittes, mögen hier auf den ersten Blick als reine Entlehnung aus der Physiologie der Sinne erscheinen. Wenn man genauer zusieht, wird man sich überzeugen,

daß das keineswegs der Fall ist, sondern daß der Stoff auch schon in der niedersten Empfindungslehre durchaus psychologisch orientiert ist und das betont, was in sich selbst oder als Vorbereitung für Höheres ein wesentliches psychologisches Interesse besitzt. Der zweite Band bringt die Pathologie der Assoziationen, die höheren Erkenntnisvorgänge, die Gemütsbewegungen, Willensvorgänge, endlich die psychischen Abnormitäten. Die Hilfskenntnisse aus Physiologie und Pathologie wurden nicht, wie es bisweilen geschieht, am Anfang des Werkes vereinigt, sondern immer dort und in dem Umfange eingefügt, wie es für die Erklärung des psychologischen Geschehens sich als notwendig erwies.

In der Beurteilung des Wichtigen und Wertvollen besonders aus der neuesten noch nicht anerkannten Spezialforschung ist der subjektiven Abschätzung selbstverständlich ein weiter Spielraum gelassen. Die Kritik möge entscheiden, inwieweit die getroffene Auswahl dem Werte der Beiträge und dem Hinblick auf das praktische Endziel des Buches gerecht geworden ist. In den Literaturangaben ist der Hauptnachdruck darauf gelegt, den Leser auf die Originalliteratur zurückzuführen und zu deren Studium anzuleiten. Ich habe grundsätzlich erstrebt — und mit sehr seltenen Ausnahmen es auch durchgeführt —, kein Werk und keine Abhandlung zu zitieren, die ich nicht völlig durchgearbeitet, so daß ich über ihre Bedeutung ein eigenes Urteil gewann. Bevorzugt wurden nach Möglichkeit die neuesten Abhandlungen, von den älteren nur solche von überragender Bedeutung und bleibendem Wert. Die Zitate sind nicht wörtlich, was die Übersicht gehemmt und den Umfang des Werkes ungebührlich vergrößert hätte; sie werden nur in möglichst kurzer, inhaltlich getreuer Fassung gebracht. Arbeiten, die für größere Partien maßgebend waren, sind an deren Anfang zitiert; solche, die fast nur an einer einzelnen Stelle verwendet wurden, im fortlaufenden Text. Einige Rezensenten der ersten Abteilung dieses Bandes haben dieses Zitierverfahren im Interesse der Nachprüfung beanstandet und eine genauere Zitierweise gewünscht. Dagegen darf ich mich wohl auf die allgemeine Praxis der Lehrbücher von ähnlichem Ziele und Umfang berufen (man vergleiche nur die „Physiologie" von *Tigerstedt* oder die „Psychologie" von *Ebbinghaus*). Auch ist der Grund naheliegend. Wäre jede neue Seite zu zitieren, so wäre häufig jeder Satz mit einer Klammer zu belasten. Das würde aber, von aller Mühe abgesehen, den Text in unerträglicher Weise zerreißen, ohne entsprechenden Nutzen für denjenigen Leser, an den zunächst gedacht werden muß. Der Forscher dagegen, der die Richtigkeit der Zitate nachprüfen muß, dürfte sich ohnehin mit der angegebenen Seite nicht begnügen, sondern müßte den Zusammenhang der betreffenden Arbeit zu Rate ziehen. — Wo eine Gesetzmäßigkeit in einer einfachen mathematischen Formel gegeben werden kann, erhält sie immer sofort eine schärfere Fassung. Wo eine solche Formel leichtverständlich schien, wurde sie deshalb mitgeteilt. Indessen

wurde Sorge getragen, daß der Zusammenhang auch ohne Berücksichtigung der Formel verständlich bleibt. Der vierte Abschnitt, der an mathematischem Rüstzeug mehr bietet, ist für das Verständnis des Folgenden entbehrlich. Bloß der leicht zu fassende Begriff des Korrelationskoeffizienten wird etwas häufiger auch später verwendet. . . .

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, für Förderung und Mithilfe mannigfachster Art meinen herzlichen Dank auszusprechen. Am meisten zu Dank verpflichtet bin ich meinem hochverehrten Lehrer Professor *G. E. Müller* zu Göttingen, unter dessen Leitung ich vor vierzehn Jahren in die theoretische und praktische Kenntnis der experimentellen Psychologie eingeführt wurde. Wenn ich auch nicht in jeder einzelnen Frage meinem Lehrer folgen konnte, so wird man doch an überaus vielen Stellen des Buches die Hinweise auf seine grundlegenden Werke immer und immer wieder finden. Manches, was wohl auch auf seinen Unterricht zurückgeht, vermag ich in Zitaten nicht mehr nachzuweisen, da es unvermerkt in eigene Gedanken übergegangen ist.

Bei der Ausarbeitung des gegenwärtigen Werkes schulde ich besondern Dank meinem Freunde und Mitbruder P. *Lindworsky,* der mir manche wertvolle Anregungen gab und die Güte hatte, das Manuskript durchzusehen.

Valkenburg, 20. November 1916.

Joseph Fröbes.

Vorwort zur zweiten und dritten Auflage.

Die starke erste Auflage des gegenwärtigen Bandes, der in der Kritik eine überaus günstige Aufnahme gefunden hat, ist seit zwei Jahren vergriffen. Die Verzögerung beruht zum Teil darauf, daß ich über die Tatsache des Ausverkaufs erst sehr verspätet Nachricht erhielt; zum andern größeren Teil aber, daß die Umarbeitung sehr viel mehr Zeit in Anspruch nahm, als ich anfangs erwartete, nämlich über anderthalb Jahre. Dem berechtigten Wunsche der Kritik entsprechend, bemühte ich mich, mit dem Fortschritt der Forschung möglichst gleichen Schritt zu halten. Nun war neben der deutschen Fachliteratur diesmal besonders auch die erst jetzt zugänglich gewordene ausländische, besonders amerikanische Literatur aus der Kriegszeit nachzutragen. Ich habe bis Ende 1921 eine gewisse Vollständigkeit, soweit ein derartig zusammenfassendes Werk sie bieten kann, angestrebt.

Die Verbesserungen betreffen so gut wie jeden Paragraphen; sie nehmen zusammengenommen fast ein Drittel des ganzen Textes ein. Durch Streichungen des weniger Wichtigen und entbehrlich Gewordenen und kürzere Darstellung wurde so viel Platz ausgespart, daß trotz der Zusätze von weit über 150 Seiten der Gesamtumfang fast der gleiche blieb. Es wäre sicher leichter gewesen, das neue Material einfach dem bisherigen anzuhängen, statt Zeile für Zeile nachzuprüfen, ob sich etwas auslassen oder zusammendrängen ließ. Aber mir erschien es für den Leser von großem Vorteil, wenn das neue und alte Material so ausgeglichen würde, wie es bei der Niederschrift eines neuen Werkes geschähe.

Die Fragen, in denen die Zusätze ein wesentlich verändertes Bild ergeben, sind etwa folgende: Bei den Gesichtsempfindungen, vor allem die Paragraphen über zeitliche Nachwirkung und Nachbilder, sowie die *Müller*sche Farbentheorie; bei den Gehörsempfindungen die Vokaltheorie; die neuen Forschungen zum Geruch; die physiologischen Begleiterscheinungen der sinnlichen Gefühle; ganz besonders das Kapitel von den Vorstellungen durch die Lehre von den Anschauungsbildern, den Vorstellungstypen und der Vorstellungslokalisation; bei den Gesichtswahrnehmungen die Verlagerungen in der Sehfläche, die Farbentransformation und Sehgröße; die Psychologie der Blinden; die Schallokalisation; und besonders die in den letzten Jahren so stark geförderte Lehre von den Scheinbewegungen und

der Gestaltwahrnehmung; die genaueren Maßformeln der Empfindung; in der Gedächtnislehre beispielsweise die Mitübung, die Komplexassoziationen.

Einer Anregung der Kritik folgend habe ich mich bestrebt, möglichst die entbehrlichen Fremdwörter zu ersetzen. Freilich hat dieses Streben in einem Lehrbuch engere Grenzen. Es kann nicht ein einzelner ohne Schaden für die Verständlichkeit die angenommenen Fachausdrücke nach eigenem Ermessen verdeutschen wollen, sondern das erfordert Übereinstimmung der Fachgenossen und deshalb langsameres Vorangehen. Ob die hier eingehaltene Schnelligkeit die erwünschte gewesen ist, das werden verschiedene Beurteiler wohl verschieden beantworten.

Das Inhaltsverzeichnis am Anfang des Buches ist in gleichem Grade ausführlich gehalten wie in der ersten Auflage. Mir erscheint es für die Beantwortung einer Frage nützlicher als das alphabetische Verzeichnis am Schluß, das notwendig viel Zusammengehöriges auseinanderreißt. Das alphabetische Inhaltsverzeichnis, das bei der ersten Auflage am Ende des zweiten Bandes vereinigt war, wurde diesmal auf die beiden Bände verteilt, die ja zeitlich allmählich ihren eigenen Weg gehen. Das Namenverzeichnis enthält übrigens auch indirekt das von einigen gewünschte Verzeichnis der psychologischen Literatur, soweit ich sie selbst durcharbeiten konnte. Die dortigen fettgedruckten Seitenzahlen verweisen nämlich immer auf den Titel eines Buches oder den Ort in einer Zeitschrift, wo der benutzte Artikel zu finden ist.

Valkenburg, 12. November 1922.

Der Verfasser.

Abkürzungen für besonders häufig zitierte Zeitschriften.

(Nach der Festsetzung der Zeitschrift für angewandte Psychologie, Bd. 5 ff.)

AmJPs:	The American Journal of Psychology. Herausgeber *Titchener.*
AnPs:	L'année psychologique. Herausg. *Piéron.*
ArGsPs:	Archiv für die gesamte Psychologie. Herausg. *Wirth.*
ArPs (f):	Archives de Psychologie. Herausg. *Claparède.*
ArPs (i):	Archivio Italiano di Psicologia. Herausg. *Kiesow* und *Gemelli.*
BrJPs:	The British Journal of Psychology. Herausg. *C. S. Myers.*
. . . CgEPs:	Bericht über den . . . Kongreß für experimentelle Psychologie.
FsPs:	Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Herausg. *Marbe.*
JEPs:	Journal of Experimental Psychology. Herausg. *Watson.*
. . . InCgPs:	Bericht über den . . . internationalen Psychologenkongreß.
PhSd:	Philosophische Studien. Herausg. *Wundt.*
PsFo:	Psychologische Forschung. Herausg. *Koffka, Köhler, Wertheimer, Goldstein* und *Gruhle.*
PsR:	The Psychological Review. Herausg. *Warren.*
PsSd:	Psychologische Studien. Herausg. *Wundt.*
UntPsPh:	Untersuchungen zur Psychologie und Philosophie. Herausg. *Ach.*
ZAngPs:	Zeitschrift für angewandte Psychologie und psychologische Sammelforschung. Herausg. *Stern* und *Lipmann.*
ZPaPs:	Zeitschrift für Pathopsychologie. Herausg. *Specht.*
ZPdPs:	Zeitschrift für pädagogische Psychologie und experimentelle Pädagogik. Herausg. *Scheibner* und *Stern.*
ZPs:	Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Seit dem 41. Bd teilt sie sich in zwei Abteilungen, die wir unterscheiden:
ZPs:	Zeitschrift für Psychologie. Herausg. *Schumann.*
ZPs II:	Zeitschrift für Sinnesphysiologie. Herausg. *Gildemeister.*

Erklärung: Von den zwei Zahlen nach dem Namen bedeutet die erste den Band (etwa noch mit der Jahreszahl), die zweite die Seite. Beispielsweise heißt AmJPs 23 (1912) 89: American Journal of Psychology, Band 23 (vom Jahre 1912), Seite 89.

Inhalt.

Zweiter Abschnitt.

Die einzelnen Empfindungen und sonstigen Elemente.

Erstes Kapitel. Die Gesichtsempfindungen.

Sechstes Kapitel. **Die Organempfindungen.**

Siebtes Kapitel. **Die einfachen sinnlichen Gefühle.**

Dritter Abschnitt.

Die Wahrnehmungen.

Erstes Kapitel. **Die Vorstellungen.**

Zweites Kapitel. **Die gleichzeitigen Tonverbindungen.**

Drittes Kapitel. **Die räumlichen Gesichtswahrnehmungen.**

Sechstes Kapitel. **Die Gedanken.**

Siebtes Kapitel. **Wahrnehmung und Vergleichung.**

Vierter Abschnitt.

Psychophysik.

Erstes Kapitel. Die psychophysische Methodik.

Zweites Kapitel. Die Messung der Empfindungsintensität. Das *Weber*sche Gesetz.

Verzeichnis der Abbildungen.

Einleitung.

Ziel und Wege der empirischen Psychologie.

§ 1. Begriff der empirischen Psychologie.

Die Psychologie ist dem Wortsinne nach die Wissenschaft von der Seele. *Aristoteles* faßte darunter die Lehre vom Leben, seinem Prinzip und seinen Erscheinungen, womit er die Vegetation wie das Bewußtseinsleben gleichmäßig einschloß. Heute wird das Wort auf das bewußte Leben eingeschränkt. Bei dieser Bedeutungsverschiebung waren teilweise anfechtbare Gründe im Spiel: so wenn *Descartes* in der Welt nur zwei Arten von Substanzen anerkannte, die Träger des Bewußtseins und diejenigen der Ausdehnung, Geist und Körper. Damit war der lebende Körper ausgeschlossen, das Leben den Bewußtseinsvorgängen gleichgesetzt. Aber auch abgesehen von solchen theoretischen Anschauungen bleibt es wahr, daß die Welt der Bewußtseinsvorgänge eine besonders enge Zusammengehörigkeit zeigt und deshalb im Gegensatz zum vegetativen Leben von einer besondern Wissenschaft behandelt zu werden verdient. Für diese Wissenschaft nun ist heute ausschließlich der Name Psychologie festgelegt worden. Das Wort ist in dieser engeren Bedeutung in so vielen Ableitungen wissenschaftliches Gemeingut geworden — man denke an Bezeichnungen wie psychische Akte, Psychopathologie, Psychiatrie —, daß es aussichtslos wäre, sich dem herrschenden Sprachgebrauch entgegenzustemmen.

Ähnlich wie die Physik und andere aus der Philosophie hervorgegangene Wissenschaften hat sich auch die Psychologie allmählich in zwei Teilwissenschaften gespalten, in die philosophische und die empirische.

Die philosophische (spekulative, metaphysische) Psychologie untersucht vor allem die allgemeinsten Fragen, welche von jeher das höchste Interesse der Menschheit in Anspruch nahmen, die Substantialität der Seele, die Beziehung von Körper und Geist, die Streitfrage zwischen Parallelismus und Wechselwirkung, die Frage der persönlichen Unsterblichkeit und andere. Es wird bisweilen so dargestellt, als habe die metaphysische Psychologie „aus dem begrifflichen Wesen der Seele die einzelnen Erscheinungen abzuleiten unternommen“ (vgl. *Klemm,* Geschichte der Psychologie [1911] 12). Das mag stellenweise, besonders in der rationalistischen Periode, versucht worden sein, was dann *Kant* einen leichten Anlaß zur Bekämpfung bot; aber mit Unrecht wird es der philosophischen Psychologie überhaupt zugeschrieben. Die Absicht der spekulativen Psychologie war im allgemeinen durchaus die, aus den Tatsachen, deren Kenntnis freilich eine geringere als heute war, gültige Schlüsse über Natur und Tätigkeit des substantiellen Trägers zu ge-

winnen. In diesem Sinn hat gewiß auch heute eine metaphysische Psychologie ihre Berechtigung. (Vgl. die beachtenswerten Ausführungen *Külpes* in „Immanuel Kant“, besonders Nr. 8.)

Hier indessen beschäftigt uns allein die empirische Psychologie, heute vielfach auch experimentelle Psychologie genannt (obwohl letztere genau genommen nur einen Teil der ersteren ausmacht). Sie geht, ähnlich wie die experimentelle Physik, von den Erscheinungen aus und begnügt sich damit, diese in übersichtlicher Ordnung zu beschreiben, ihre Gesetze festzustellen, um so gegebene Erscheinungen erklären oder zukünftige voraussagen zu können. Sie wird definiert als die Wissenschaft von den psychischen Erscheinungen und Gesetzen, oder unter Angabe ihrer hauptsächlichsten Forschungsmittel als die Wissenschaft von den psychischen Vorgängen, ihren Gesetzen, ihrem Zusammenhang, beruhend auf Beobachtung und Experiment.

Der nächste Gegenstand der empirischen Psychologie sind die inneren Erlebnisse, die Gedanken, Überlegungen, Zweifel, Erinnerungen, Gefühle, Affekte, Wünsche, Entschlüsse usw., oder um es zusammenzufassen: die „psychischen Erscheinungen“, „psychischen Phänomene“, „Bewußtseinsphänomene“. Das Wort „Erscheinung“, „Phänomen“ hat dabei nicht den Sinn von Schein, von Unwirklichkeit, sondern wie in den Redensarten „in die Erscheinung treten“, „eine literarische Erscheinung“ den Sinn des Wahrnehmbaren (*Höfler*).

Man hat die Eigenart der psychischen Erscheinungen bisweilen durch den Gegensatz gekennzeichnet: psychische Erscheinungen sind Gegenstände der inneren Erfahrung, körperliche Vorgänge Objekte der äußeren Erfahrung. Das hat den verständlichen Sinn, daß die psychischen Erscheinungen bloß dem, der sie hat, direkt wahrnehmbar sind, während ein anderer sie höchstens aus äußeren Zeichen erschließt, nie unmittelbar in sich erfaßt. Die Körper dagegen stehen den verschiedenen Beobachtern gleich nahe, stehen allen äußerlich gegenüber. Diese Unterscheidung setzt freilich den Realismus, die wirkliche Existenz der Außenwelt voraus. Für *Kant* konnten die seelischen sowohl wie die physischen Objekte bloß Erscheinungen sein. Für ihren Unterschied gewann er dann die Formel: der äußere Sinn stellt Gegenstände als im Raum, der innere Sinn die Dinge als in der Zeit befindlich vor. — Das genügt indessen nicht; denn zeitliche Bestimmungen kommen auch den äußeren Objekten zu, sie treten auch in den Gleichungen der Physik auf, und ebensowenig fehlt die räumliche Ausdehnung in manchen reinen Phantasievorstellungen.

Mehr Anhänger fand eine andere Erklärung, welche den Unterschied nicht in der Verschiedenheit der Objekte sieht, sondern nur im verschiedenen Gesichtspunkt, unter dem der Erfahrungsinhalt in begriffliche Formen gefaßt werde. So *Wundt:* Die Naturwissenschaft betrachtet die Objekte der Erfahrung in ihrer vom Subjekt unabhängig gedachten Beschaffenheit, die Psychologie in ihren Beziehungen zum Subjekt. — Aber dieses Kriterium ist nicht allgemein verwendbar; ein Affekt, eine Überlegung ist kein indifferenter Gegenstand, der von einem gewissen Standpunkt betrachtet zur Physik gehörte, sondern ganz der Psychologie eigen. Und selbst wo der Gegenstand gemeinsam erscheint, wie beim gesehenen Baum, ist streng genommen nur das Erkenntnisbild mit seinem Inhalt Gegenstand der Psychologie, das davon verschiedene, im Bewußtsein bloß abgebildete äußere Objekt Gegenstand der Naturwissenschaft.

Die Aufgabe der Psychologie kann man allgemein bezeichnen als Beschreibung und Erklärung der Bewußtseinserscheinungen in ihrem gesetzlichen Zusammenhang. Beschreibung: wir fragen etwa nach der Eigenart und den Eigenschaften der Affekte, der Halluzinationen. Zusammengesetzte Erscheinungen, wie die Wahrnehmungen, zerlegen wir durch Analyse in ihre Elemente; bei einfachen suchen wir eine Ordnung nach ihrer Verwandtschaft.

Baade (ZPs 71 [1915] 356 ff.) weist insbesondere der darstellenden Psychologie die Aufgabe zu, die einzelnen psychischen Erlebnisse zur Kenntnisnahme vorzuführen, damit der Beobachter einen unmittelbaren Eindruck von ihnen gewinne, wie ihn ähnlich der Anschauungsunterricht den Schüler von den körperlichen Dingen gewinnen läßt. Diese Aufgabe ist bei einer Farbenempfindung, die uns direkt zugänglich ist, leicht, wenn man nur erst einmal gelernt hat, die Aufmerksamkeit auf sie selbst zu richten und nicht auf das Außending; schwierig dagegen bei einem Urteil oder Affekt, die durch die Beobachtungsabsicht gestört werden. *Baade* nennt die letzteren Vorgänge deshalb verhüllt und weist der darstellenden Psychologie die Aufgabe zu, sie aufzuweisen. (Vgl. auch *Baade*, ArGsPs 35 [1916] 1 ff.)

Die Erklärung weist für die einzelne Tatsache ihre Ursache nach, z. B. bei der Empfindung liegt das Bestimmende im physikalischen Reiz und seiner Einwirkung auf das Nervensystem. Eine wirkliche Zurückführung der Empfindung auf physikalische Bedingungen, wie die Zurückführung der Wärme auf Bewegungen der Molekeln, ist freilich nicht möglich.

Gesucht sind ferner die Gesetze, die Formen des Ablaufes. Nach welchem Gesetz wird früher Erlerntes vergessen oder wieder erlernt? Die so gefundenen nächsten Gesetze des Verlaufes werden vermutungsweise auf allgemeinere Gesetze zurückgeführt. Die Verläßlichkeit der Annahme wird daran geprüft, daß man sich überzeugt, ob alle ihre Folgerungen mit der Erfahrung übereinstimmen. Die psychologischen Erklärungen oder Voraussagen des gewöhnlichen Lebens sind nichts anderes als derartige Zurückführungen besonderer Tatsachen auf allgemeinere Gesetze. In diesem Sinn fragen wir, was einen Bekannten zu diesem oder jenem unerwarteten Schritt veranlaßt haben könne. Wir sprechen von „psychologischen Rätseln“, nennen Ereignisse, Novellen „psychologisch interessant“, wenn sie den bekannten psychologischen Gesetzen auf den ersten Blick zu widersprechen scheinen (*Höfler*).

Das letzte Glied ist immer die Feststellung der Ursache der Gesetze. Handelt es sich etwa um physiologische Gründe, welche auf ein anderes Gebiet zurückführen, oder um psychologische Gesetzmäßigkeiten? Ein klassisches Beispiel ist die Lehre vom Farbenkontrast, in der sich beide Erklärungen lange Zeit gegenüberstanden.

Die praktische Bedeutung dieser psychologischen Erkenntnisse bewährt sich, wie *Stern* ausführt, im Dienst der Menschenkenntnis und der Menschenbehandlung. Der Richter z. B., der über den Verbrecher urteilt, muß dessen Motive und Verantwortlichkeit würdigen können. Den Anteil der unbewußten Erinnerungsfälschungen bei den Lügen der Kinder, bei den falschen Angaben der Zeugen kann kein bloßer natürlicher Takt in seiner normalen Größe richtig einschätzen, sondern nur psychologische

1*

Forschung; ebensowenig die Bedeutung, welche ein hypnotischer Suggestionszwang oder eine unwiderstehliche Massensuggestion oder eine versteckte pathologische Veranlagung für eine strafbare Handlung hat. Die Psychologie gibt der Pädagogik die Vorschriften für die beste Gedächtnisübung usw. (*Stern,* Angewandte Psychologie, in den „Beiträgen zur Psychologie der Aussage“ I 4 ff.)

§ 2. Die Methoden der empirischen Psychologie.

Literatur. *W. Stern,* Die differentielle Psychologie, 1. Hauptteil (1911). — *G. E. Müller,* Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufs I (1911) §§ 7—21.

Wie die Gesetze aus den Tatsachen zu gewinnen sind, lehrt die induktive Logik. Unsere Hauptfrage ist daher: Wie erlangen wir die nötigen Tatsachen? Die Methoden, welche hier anwendbar sind, lassen sich nach verschiedenen einander kreuzenden Gesichtspunkten ordnen. Man kann gegenüberstellen die Selbstbeobachtung und die Fremdbeobachtung; in beiden Fällen kann es sich wieder um experimentelle oder nichtexperimentelle Beobachtung handeln; ein Gegensatz, der praktisch zusammenfallen wird mit dem der systematischen oder gelegentlichen Beobachtung. Ein letzter Gegensatz liegt darin, ob die Methoden durch einen einzelnen Beobachter oder durch mehrere nach einem gemeinsamen Plane angewandt werden.

A. Der Gegensatz von Selbstbeobachtung und Fremdbeobachtung. 1. Die Selbstbeobachtung müssen wir ihrer grundlegenden Bedeutung wegen gleich hier eingehend besprechen. (Bei der Behandlung sehen wir nicht immer ab von ihrer Verwendung im Experiment, die ja praktisch die Hauptsache ist, obgleich uns das Experiment als solches erst später beschäftigen wird.)

a) Was bedeutet die Selbstbeobachtung im allgemeinen? Selbstbeobachtung haben wir beispielsweise, wenn wir uns über die Motive einer eben getroffenen Entscheidung erforschen. Die Selbstbeobachtung ist das wichtigste Mittel der Tatsachengewinnung in der Psychologie. Sie allein kann oft genügen, um ein reiches Material zu erlangen; und jedenfalls ist sie immer unentbehrlich, auch bei Fremdbeobachtungen. Was die Beschreibungen fremder Erlebnisse bedeuten, läßt sich ja immer erst durch Vergleich mit eigenen, durch „Nacherleben“, feststellen. Wir sagen „Selbstbeobachtung“, nicht „Selbstwahrnehmung“. Die Beobachtung schließt nach *Meumann* (Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik, 2. Aufl., Vorl. 1) ein: 1. Eine aufmerksame Wahrnehmung, welche 2. methodisch nach einem bestimmten Plan vorangeht und 3. das Beobachtete unter einem allgemeinen Begriff einordnet, wenigstens in Form einer Benennung. Die Vorteile dieses Verfahrens sind: die Wahrnehmung bleibt nicht mehr etwas Zufälliges, Planloses; man kommt zu einem lückenlosen Verfolgen der bewußten Vorgänge, und eine Wiederholung der gleichen Beobachtungen ist möglich.

Der Sinn der Selbstbeobachtung wird uns klarer, wenn wir sie mit der durchsichtigeren Beobachtung eines äußeren Gegenstandes vergleichen (*Müller* § 8). Ein äußeres Objekt beschreiben wir entweder auf Grund der gegenwärtigen Wahrnehmung

oder der Erinnerung. Bei der Wahrnehmung durchgeht man die Teile nacheinander mit der Aufmerksamkeit und läßt sie erkennen und die geeigneten Worte wecken. Wenn eine einfache Bezeichnung nicht einfällt, umschreibt man, erinnert an ähnliche Objekte usw. Die Erinnerungsbeschreibung dagegen kann eine Beschreibung auf Grund erinnerter Beurteilung sein — man erinnert sich, dieses früher ausgesprochen zu haben — oder aber auf Grund eines erinnerten, wieder aufsteigenden Objektes, das man innerlich vor sich sieht und nun erst durchforscht. Auch kann beides sich mischen, neben die Beurteilung noch die Vorstellung des Objektes treten. Gewöhnlich ist die Erinnerung an frühere Beurteilungen das Genauere. Auch wird die Beschreibung schärfer, wenn man schon die Wahrnehmung mit der Absicht der Beobachtung gemacht hat. Dann hat man schon bei ihr die Aufmerksamkeit wirklich wandern lassen.

Wenden wir das Gesagte auf die Selbstwahrnehmung an. Sie geschieht gewöhnlich auf Grund eines Zurückschauens. Dabei ist wieder zu unterscheiden die Erinnerung an die schon vorher vollzogene Beurteilung oder die Erinnerung an das Objekt selbst. Der Beobachter sagt z. B., er habe das visuelle Vorstellungsbild der auswendig gelernten Silbenreihe in seiner eigenen Handschrift gesehen, das sei ihm aufgefallen. Da haben wir einen der Fälle der „psychologischen Ertappungen"; sie vollziehen sich mit einem höheren Grad von Interesse und Aufmerksamkeit. In andern Fällen besprechen wir ein Ereignis auf Grund seines gegenwärtigen Auftauchens. Der Beobachter sagt etwa, daß er gegenwärtig einen Konsonanten der gelernten Wortreihe in stark vergrößertem Maßstab sehe. Da wird das wiederauftauchende Objekt nun selbst beobachtet und beschrieben.

Auf einige Schwierigkeiten der Selbstbeobachtung weist *Scheler* hin (ZPaPs 1 [1912] 87 ff.): In der Sentimentalität hält man bloß vorgestellte Gefühle für wirkliche. Was in der Physik keine Rolle spielt, wird leicht übersehen, wie die spezifische Helligkeit der Farben, die Vokalität der Töne. Wenn eine Handlung aus verschiedenen Motiven hervorgehen könnte, sind wir geneigt, uns das höherwertige Motiv zuzuschreiben. Die Sprache hat eine bestimmende Kraft für die Wahrnehmung selbst. Die innere Wahrnehmung zeigt uns zunächst nur das an Erlebnissen, was den traditionellen Erlebnisformen entspricht. — Gegen all diese Fehlerquellen hilft indessen der Fortschritt der wissenschaftlichen Beobachtungen selbst. *Titchener* (AmJPs 23 [1912] 427 ff.): Daß in den psychologischen Beobachtungen widersprechende Ergebnisse gefunden werden, ist nicht wunderbarer, als die gleiche Tatsache bei mikroskopischen Beobachtungen. Die Entscheidung bringt da die Wiederholung vieler Beobachter, die die Verschiedenheit aufklärt. Eine wissenschaftliche Methode muß nach ihren besten Leistungen bewertet werden, nicht nach ihren schlechtesten. — Tiefer greifen Einwände, die die Möglichkeit der Methode selbst bestreiten.

b) Die Frage ihrer Möglichkeit. Man wendet gegen die Möglichkeit einer Selbstbeobachtung ein: es ist nicht möglich, psychische Vorgänge mit eigens darauf gerichteter Aufmerksamkeit zu verfolgen; man kann doch nicht einen Affekt hegen und ihn gleichzeitig wissenschaftlich beobachten; die Selbstbeobachtung verändert durch ihre Existenz selbst die zu beobachtenden Vorgänge; man verlangt damit die Unmöglichkeit, daß sich der Beobachter verdopple usw. So besonders *Comte*, der dadurch die Unmöglichkeit einer wissenschaftlichen Psychologie bewiesen sah, *Maudsley* und andere.

Fr. Brentano antwortet: Wenn auch eine gleichzeitige intensive Selbstbeobachtung, welche den gegenwärtigen Akt zum primären Gegenstand habe, nicht möglich ist, so kann doch wenigstens der Akt nebenbei als sekundäres Objekt bemerkt werden. Vor allem aber ist nicht die geringste Schwierigkeit, direkt nachher im frischen Gedächtnis die Aufmerksamkeit auf das eben Dagewesene zu richten.

Diese entscheidendste Antwort hatte übrigens schon *St. Mill* auf *Comtes* Angriff gegeben.

Zunächst also wird es von den Forschern durchaus geleugnet, daß die gleichzeitige Beobachtung der psychischen Akte immer unmöglich sei. So kann nach *Myers* die Aufmerksamkeit schnell hin und her schwanken, wie man bei Übung zugleich ein Buch lesen und einen Brief diktieren könne. Nach *Titchener* ist es für einen erfahrenen Beobachter sogar möglich, schriftliche Notizen zu machen, ohne in den gleichzeitigen Bewußtseinsverlauf einzugreifen. Vermutlich haben diese Forscher besonders einfache Fälle im Auge, wie sie *Meumann* mit klarerer Unterscheidung beschreibt: Es macht keine Schwierigkeit, gegenwärtige Empfindungen ihrem Inhalt nach zu fixieren. Wenn der Vorgang die Aufmerksamkeit weniger in Anspruch nimmt, kann er zugleich betrachtet werden, mit einer Art Spaltung der Aufmerksamkeit; wenn die Aufmerksamkeit dagegen sehr beansprucht wird, wie bei einem starken Affekt, bei schwierigem Nachdenken, so geht das nicht mehr.

Die Behauptung über den Affekt gibt *Österreich* nicht zu: Man versucht oft vergeblich, nervöse Unlustaffekte durch willkürliche Einstellung der Aufmerksamkeit darauf zu beseitigen; die Affekte nehmen eher zu als ab. Es scheinen hier individuelle Verschiedenheiten zu bestehen. Während bei vielen der Affekt die Aufmerksamkeit ganz einnimmt, haben andere eine größere Fähigkeit zur Selbstbeobachtung. Sehr klar zeigte sich diese Möglichkeit der Selbstwahrnehmung trotz gleichzeitiger sehr starker Gefühle bei manchen Psychasthenikern, wie Amiel, Maine de Biran. Auch von Goethe berichtet *Grimm:* wenn er aufs leidenschaftlichste erregt war, blieb ihm stets die Kraft übrig, sich im Moment selbst zu kritisieren. Freilich gehört eine gewisse Kunst der Selbstbeobachtung dazu, die Prozesse während des Erlebens zu beobachten, ohne es auf deren Kosten zu tun. Auch ist es nicht bei allen Prozessen gleich leicht (*Österreich,* Phänomenologie des Ich I, Kap. 9). *W. Köhler* bemerkt mit Recht, daß selbst bei physikalischen Messungen der Messungsvorgang das Objekt angreift und stört, z. B. die Messung einer elektrostatischen Ladung mit dem Elektrometer. Man muß nur in beiden Fällen lernen, die Schwierigkeiten zu überwinden, die Richtung der Störung planmäßig zu überwachen.

Praktisch bleibt übrigens die Hauptsache die einwandfreie Beobachtung in unmittelbarer Rückerinnerung. *G. E. Müller* (§§ 10—12): Bei den natürlichen Bewußtseinszuständen kann die Beobachtungsabsicht sehr störend wirken, wenn sie während des Vorganges selbst auftaucht; es werden durch dieselbe im Gesamtvorgang einige Teile zurückgedrängt, fallen aus oder werden undeutlicher. Auch wird die Verteilungsweise der Aufmerksamkeit verändert: wenn man auf die Schrift eines vorgestellten Wortbildes achten will, so kann das Bild dadurch deutlicher werden, als es sonst geschehen wäre. Besteht dagegen nicht die Absicht, während des Gesamtvorganges zu beobachten, sondern, wie das gewöhnlich der Fall ist, nur nachher darauf zurückzuschauen, so können alle nachteiligen Wirkungen mehr oder weniger stark zurücktreten. Die allgemeine Behauptung, daß bei der Selbstbeobachtung immer eine Spaltung des Ich da sei und dadurch die Leistung eingeschränkt werde, ist nicht haltbar. Den Wert der unmittelbaren Rückerinnerung veranschaulicht *Baade* (ZPs 79) an einem Beispiel. Es ist bekannt, daß man bei Gewichtsvergleichungen bisweilen das Urteil nicht auf Grund einer wahren Vergleichung abgibt, sondern nach dem Eindruck eines einzigen Gewichtes, nach dem „absoluten Eindruck“. In eigenen Versuchen ließ nun *Baade* die Gewichtshebung unterbrechen, bevor es zum Urteil gekommen war und verlangte Selbstbeobachtung. Da gelang es öfter, auch bei ungeübten Versuchspersonen, diesen absoluten Eindruck zur unmittelbaren Beobachtung zu bringen.

c) Die genauere Ausführung der Selbstbeobachtung. *Ach* (Über die Willenstätigkeit und das Denken § 2) bildete besonders die systematische ex-

perimentelle Selbstbeobachtung aus. Während des Erlebnisses fand keine Selbstbeobachtung statt. Zur nachherigen Beobachtung hilft sein Nachdauern, das um so stärker ist, je intensiver vorher die Aufmerksamkeit war und je öfter ein ähnlicher Vorgang schon da war. Die Lebhaftigkeit der Erinnerung war fast von sinnlicher Stärke, das gesamte vorige Erlebnis als Ganzes gegenwärtig, so daß seine Einzelheiten nacheinander von der Aufmerksamkeit hervorgehoben werden konnten. Die systematische Selbstbeobachtung verlangt, daß jedesmal das ganze Erlebnis mitgeteilt werde. Auch andere Forscher machten gelegentlich ähnliche Beobachtungen. *G. E. Müller* dagegen verwirft die Gegenwart des ganzen Erlebnisses in sinnlicher Stärke völlig. Im Laboratorium *Titcheners* (AmJPS 23 [1912] 485 ff.) kam die Perseveration des Erlebnisses im Sinn *Achs* wohl einigemal vor. Aber es wurde doch dadurch niemals das ganze Erlebnis wiederhergestellt, wie *Ach* behauptet; sondern das meiste kam durch gewöhnliche Erinnerung.

Genauer beschreibt *Müller* diese Selbstwahrnehmung. α) Bei willkürlich erregten Zuständen beziehen sich Täuschungen eher auf die psychologische Benennung. Bei flüchtiger Beobachtung kann man Teile angeben, die bloß Deutungen des Beobachteten sind oder auf Vorurteilen beruhen. Man kann dann durch Fragen die Genauigkeit nachprüfen. Wenn etwa der Beobachter behauptet, einen Buchstaben deutlich visuell zu sehen, fragt man ihn, in welcher Handschrift. Wenn er das nicht beantworten kann, wird er merken, daß das Bild nicht deutlich war. Über dasjenige, was die Aufmerksamkeit nicht umfaßt hat, können wir nichts näheres angeben. Auch hat die Schärfe unseres Unterscheidungsvermögens ihre Grenzen: kleinere Unterschiede in Zeit, Qualität kann man nicht wahrnehmen.

Titchener nennt den Fehler, daß man statt des psychischen Inhaltes die vermutlichen Reize beschreibt, den „Reizirrtum". Schon *Hering,* ja *Descartes* wies auf den Fehler hin, von den inneren Erlebnissen auf äußere Objekte abzuschweifen. So wird etwa angegeben, daß zwei Punkte die Haut berühren, nicht weil man sie unterschieden hätte, sondern weil man aus der Breite des Eindruckes schließt, das könne nicht bloß ein Punkt sein.

Erinnert sich eine Versuchsperson bei der Beschreibung nicht mehr genau an den Vorgang, so wendet sie nicht selten ein „nachprobierendes Verfahren" an, macht den Vorgang innerlich nochmals durch. Aus einer solchen Angabe kann man nicht direkt auf die frühere Verfahrungsweise schließen.

β) Bei den natürlichen Bewußtseinszuständen findet die Beschreibung gewöhnlich auf Grund der Erinnerung statt. Diese Erinnerung ist immer unvollkommen, teils wegen der Länge der Zwischenzeit, teils weil die Vorgänge zu schnell und zu undeutlich sind; hauptsächlich auch, weil uns gewöhnlich nur das Endresultat interessiert, nicht der Weg, wie wir dazu gekommen sind. Bei Vergleichen z. B. haftet bloß das Urteil, nicht die Nebeneindrücke, welche es vielleicht veranlaßt haben. Wenn deshalb die zurückschauende Betrachtung an einem verflossenen Gesamtvorgang einen bestimmten Teilprozeß nicht nachweisen kann, so ist das kein Beweis, daß er nicht vorhanden war. Um die Vorgänge möglichst vollständig zu erkennen, muß man deshalb die Versuche häufen und aus den erhaltenen Bruchstücken das Gesamtverhalten aufbauen.

Müller zieht daraus die praktischen Vorschriften: Die Protokollaufnahme muß immer sofort nach Beendigung der Versuche beginnen und beschleunigt werden. Dauert der Vorgang länger als einige Sekunden, so ist es oft empfehlenswert, ihn abzubrechen, um über den Verlauf bis dahin aufzuklären. Es muß verlangt werden, daß die Versuchsperson nur das berichte, worüber sie ganz sicher ist. Besonders zuverlässig sind die Erinnerungen, die einem beim Geschehen aufgefallen sind. Was man ohne Fragen erreicht, ist meist vorzuziehen; aber das genügt oft nicht. Vielleicht hält die Versuchsperson etwas für weniger bedeutend oder für selbstverständlich und sagt es deshalb nicht.

Lindworsky (ArGsPs 29, Literaturbericht 49 ff.) unterscheidet bei diesem Punkt die Ergänzungsfragen und Erkundungsfragen. Die Ergänzungsfragen, nach der Bedeutung eines gebrauchten Wortes, nach den Vorstellungen, Gefühlen usw., sind sicher einwandfrei. Angreifbarer sind die Erkundungsfragen, die der Versuchsperson neue Gesichtspunkte bieten. Sie scheinen auf neuem Gebiet nicht entbehrlich zu sein. Die Suggestion, die darin liegt, kann man unwirksam machen, indem man eine andere Möglichkeit bietet, oder durch eine Gegensuggestion.

Man braucht nicht zu leugnen, daß durch sehr häufige Selbstbeobachtungen nach den Versuchen die Natürlichkeit der Bewußtseinsvorgänge in gewissem Maße leidet. Hinsichtlich der Regelmäßigkeit und Richtigkeit in der Lösung der Aufgaben stehen diejenigen Personen voran, die wenig Selbstbeobachtungen geben (*Deuchler*). Wird bei jedem Versuch ein nachträglicher Bericht verlangt, besonders unter beständiger Nachfrage über bestimmte Punkte, so kann eine Folge sein, daß die Versuchsperson sich diesem Punkt in den Versuchen selbst stärker zuwendet und durch Ablenkung der Aufmerksamkeit andere Teilvorgänge verdrängt. Man wird also je nach dem Versuchszweck einen Ausgleich suchen müssen zwischen dem Vorteil, den die Selbstbeobachtung für die psychologische Einsicht bietet, und dem Nachteil für die Regelmäßigkeit der objektiven Resultate.

d) Eine uneigentliche Selbstbeobachtung ist das, was *Müller* die „Methode der vermeintlichen Reminiszenzen" nennt (§ 19). Die Versuchsperson gibt etwa an, daß sie sich immer in gewisser Weise verhalte. Im allgemeinen sind diese Behauptungen nicht verläßlich; es zeigt sich bei den Versuchen beständig, daß Verfahren in Abrede gestellt werden, die sich hintendrein nachweisen lassen. In Wirklichkeit verhält es sich so, daß sich die Versuchsperson im Augenblick nicht erinnert, in einem Fall dieser Art so gehandelt zu haben, oder daß ihr umgekehrt ein Verfahren vertraut vorkommt. Auf diese Aussagen hat man vielfach zu viel vertraut. Wenn z. B. der berühmte Kranke *Charcots* von sich berichtet, er habe früher alles, was er ein paarmal gelesen hatte, im Gedächtnis behalten und innerlich ablesen können, so stimmt das durchaus nicht mit der Art, wie die bis jetzt genauer untersuchten besten visuellen Lerner beim Lernen und Reproduzieren sinnvollen Materials vorangehen. Auf dieselbe Methode führt *Müller* die sog. Selbstbeobachtungen älterer Psychologen zurück.

Eine berechtigtere Abart der Selbstbeobachtung ist das Gedankenexperiment (nicht zu verwechseln mit den Versuchen über Gedanken, der Gedankenforschung). In der Physik denkt man sich etwa in der Versuchsanordnung, die vorliegt, eine bestimmte Veränderung vorgenommen und fragt sich, welche Wirkung diese nach bekannten Gesetzen haben müsse, ohne das Experiment wirklich auszuführen (ein Experiment in bloßen Gedanken). Das läßt sich auch auf die Psychologie übertragen. Man fragt sich, wie wir selbst oder andere unter gewissen Bedingungen handeln würden. Das sucht man entweder durch Schlüsse aus der Kenntnis der eigenen Grundsätze, Neigungen, psychologischen Gesetze zu entscheiden (das uneigentliche Gedankenexperiment) oder aber auf Grund der Beobachtung der Wirkungen, die ein innerliches Sichversetzen in die bestimmte Lage ausübt (das eigentliche Gedankenexperiment). Im Anschluß an die vorgestellte Situation tritt nämlich derjenige Zustand in gemilderter Ausprägung wirklich ein, auf dessen Eintreten bei den uneigentlichen Gedankenexperimenten nur geschlossen wird. Man kann so mit Wahrscheinlichkeit entscheiden, wie sich unter Umständen, die sich experimentell nicht herstellen lassen, der Verlauf der psychischen Vorgänge gestaltet. Das Verfahren bleibt allerdings immer unsicher. Denn was die Schlüsse angeht, so machen die Kompliziertheit der psychischen Verhältnisse, die Mangelhaftigkeit unseres Wissens darüber, die individuellen Verschiedenheiten ein sicheres Voraussagen unmöglich. Ebensowenig sind wir sicher, daß das Hineinversetzen in die

Situation gelingt. Wir reagieren bei einem solchen wissenschaftlichen Experiment doch leicht anders als in der Wirklichkeit.

Natürlich kommt es auf die Methode der Selbstbeobachtung hinaus, wenn auch außerhalb der psychologischen Versuche die Selbstwahrnehmungen anderer gesammelt und verwertet werden. Vor allem wertvoll sind die Selbstbiographien berühmter Männer, welche die Kunst verstanden, ihre Erlebnisse genau und objektiv zu beschreiben.

2. Die Fremdbeobachtung ist ein Schluß auf das fremde Seelenleben, ohne das Hilfsmittel der Aussage (*Stern* I, Kap. 3). Das Mittelglied ist die Beobachtung physischer Akte oder Eigenschaften, die man auf dem Wege der Analogie zu einem Schluß auf das fremde Seelenleben benutzt. Wir kennen von uns selbst eine Reihe von Bewegungen, welche mit bestimmten psychischen Akten verbunden sind, wie die Ausdrucksbewegungen der Affekte. Deshalb schließen wir nach Analogie von der gleichen Bewegung eines andern auf einen entsprechenden psychischen Akt. Es ist das ein Prozeß, den wir beständig mit angeborener Sicherheit ausüben, wenn wir mit andern mitfühlen. Wissenschaftlich kann die Berechtigung dieses Schlusses weiter untersucht und sichergestellt werden, indem man sich erst überzeugt, ob Akt und Ausdrucksbewegung eindeutig genug aneinander gebunden sind. Auf diesem Weg der Analogie kann man besonders leicht solche fremde Verhaltungsweisen nachfühlen, die von den unsern bloß graduell verschieden sind, eine verschiedene Leichtigkeit des Lernens, verschiedene Stärke des Gefühls. Schwieriger ist es bei qualitativen Unterschieden. Um sich in eine verbrecherische Gesinnung hineinzufühlen, muß man indirekt verfahren, an eigene Versuchungen denken, denen man fast erlag. Auf ähnlichem Weg gelingt es uns, durch Erfahrungen des Traumlebens das Wachleben des Geisteskranken uns klarzumachen.

Auf diesen indirekten Wegen ist es möglich, auch dort psychisches Material zu erlangen, wo eine Selbstbeobachtung ausgeschlossen ist, was vor allem beim Tier der Fall ist, teilweise auch beim Kind. In andern Fällen liegt darin wenigstens eine Unterstützung sonstiger Methoden.

B. Das Experiment und die nichtexperimentelle Beobachtung.

1. Die einfache Beobachtung ohne Experiment war lange die einzige Quelle für psychische Tatsachen und wird stets eine wichtige Fundgrube für sie bleiben. Sie bietet sich oft von selbst, besonders wenn man einmal auf eine Erscheinung aufmerksam geworden ist. Um ergiebiger zu werden, muß sie freilich systematisch gestaltet werden. Ihr nächstes Ziel muß eine Kasuistik nach dem Vorbild der medizinischen sein. Der Wert der einfachen Beobachtung steigt, wenn man sie baldmöglichst aufzeichnen kann, wo möglich ohne Wissen des Beobachteten. Wichtig ist dabei, den Bericht möglichst vollständig zu gestalten, und vor allem, die Beobachtung von der Beurteilung sorgfältig zu trennen, um eine Nachprüfung zu ermöglichen.

Eine besondere Art ist die vergleichende Beobachtung. Sie ist zumal dann leicht anzuwenden, wenn man zwei Menschengruppen beobachten kann, bei denen außer einer Bedingung alles übrige gleich ist. Da kann

man die psychische Besonderheit auf Rechnung dieser Bedingung setzen. So läßt sich z. B. der Anteil von Vererbung und Umgebung sondern, z. B. wenn Verbrecherkinder teils in ihrer alten Umgebung aufwachsen, teils frühzeitig daraus genommen werden; ebenso die psychische Eigenart der Blinden im Vergleich zu den Sehenden verständlich machen.

Ein anderes ist die fortlaufende Beobachtung, so wenn ein Psychiater die Entwicklung der Krankheit eines Patienten verfolgt. *Preyer* beobachtete in dieser Weise die Entwicklung eines Kindes in vielen seiner psychischen Leistungen während der ersten tausend Tage seines Lebens (*Stern* I, Kap. 4).

Die höchste Vervollkommnung erreicht die Beobachtung, wenn die Fülle der gewonnenen Tatsachen eine mathematisch-statistische Verarbeitung erlaubt. Damit gelingt es, genauere Gesetzmäßigkeiten festzustellen, was das Ziel der Wissenschaft ist.

2. Das Experiment ist eine vervollkommnete und gesteigerte Beobachtung, die das Ereignis nicht abwartet, sondern herbeiführt. Man kann es beschreiben als eine Beobachtung, die verbunden ist mit einer willkürlichen und wiederholbaren Einwirkung des Beobachters auf die Entstehung und den Verlauf der psychischen Erscheinungen. *Meumann* nennt als seine Bedingungen: 1. willkürliche Herstellung der zu untersuchenden Vorgänge; 2. willkürliche Veränderung des Vorganges nach den Absichten des Versuchsleiters; durch solche Veränderung eines Teilprozesses lassen sich die zueinander gehörigen Glieder auf der Seite der Ursache und Wirkung herauslösen, wie die induktive Logik lehrt; 3. wissenschaftliche Absicht von seiten des Versuchsleiters; 4. quantitative Bestimmung oder Messung irgendwelcher Art.

Nicht alle Bedingungen sind unter allen Umständen gleich gut zu verwirklichen. Die willkürliche Herstellung der geistigen Vorgänge ist manchmal sehr leicht. So erreicht man bestimmte Empfindungen, indem man die Reize darbietet; einfache Gefühle durch die geeigneten Vorstellungen; Stimmungen sind besser abzuwarten. Vorstellungen kann man beeinflussen durch zugerufene Worte; Willenshandlungen werden in den Reaktions- und Wahlversuchen hergestellt. Es ist also auch möglich, die psychischen Vorgänge nach Willkür zu verändern. Schwieriger ist es, Teilvorgänge einzeln zu verändern, was nur durch geeignete Lenkung der Aufmerksamkeit annähernd glückt. Will man etwa jemand zwingen, rein mechanisch zu lernen, so beschränkt man möglichst die Lernzeit. Im höchsten Grade läßt sich eine solche Beschränkung in der Hypnose durchführen, aus der sich jedoch kein genügend sicherer Schluß auf das normale Seelenleben ziehen läßt. Übrigens wäre es übertrieben, die Erfüllung aller Bedingungen als unentbehrlich für jedes Experiment hinzustellen. Das Wesentliche ist nur die willkürliche Herstellung eines Vorgangs zum Zwecke der wissenschaftlichen Beobachtung.

Ein Beispiel aus der Gedächtnisforschung möge die Eigenart des Experimentes zeigen. Will ich etwa wissen, nach welchem mathematischen Gesetz das Auswendiglernen von der Länge der Zahlenreihen abhängt, so lasse ich verschieden lange Reihen unter möglichst gleichen Umständen auswendig lernen, bis eben fehlerfrei hergesagt werden kann. Dabei verzeichne ich für jeden Fall die nötige Zeit. Aus den Mittelwerten vieler Versuche erhalte ich zunächst eine Tabelle, worin die verschiedenen Längen der Reihen den zugehörigen Lernzeiten zugeordnet sind. Das in ihr enthaltene Gesetz kann ich entweder durch graphische Darstellung übersehen

oder bisweilen in eine Formel vereinigen, welche die Abhängigkeit der Zeit (t) von der Anzahl der Glieder (n) ausdrückt; in der mathematischen Sprache: t ist eine Funktion von n:

$$t = f(n).$$

Die Vorteile des Experimentes. Das Experiment läßt eine beliebig häufige Wiederholung des Vorganges zu und macht so die gefundene Gesetzmäßigkeit sicherer, im Gegensatz zu den bloß gelegentlichen Beobachtungen. Es erlaubt ferner, die einzelnen Bestandteile des Vorganges planmäßig zu sondern und so auf ihren ursächlichen Zusammenhang zu schließen, wie die Logik des näheren zeigt. Das Experiment gestaltet auch die Selbstbeobachtung möglichst günstig und objektiv. Denn der Beobachter kann unbefangen bleiben, indem man die Methode „unwissentlich“ gestaltet, d. h. ihn über Zweck und Ergebnisse der einzelnen Versuche im ungewissen läßt. Es ist nicht richtig, daß das Experiment den Beobachter in eine unnatürliche Lage bringe. Das gilt höchstens für die ersten Versuche. Manche Beobachtung ist überhaupt erst mit Hilfe des Experimentes möglich geworden, besonders wo es sich um sehr schnell ablaufende Vorgänge handelt. Welche Farben ich in den aufeinander folgenden ersten Hundertsteln einer Sekunde sehe, wenn mir ein weißes Objekt geboten wird, kann ich durch Selbstbeobachtung nie finden; durch das Experiment ist es sicher entschieden worden. Das Experiment liefert erst ein Maß für die subjektiven Vorgänge in den objektiven, welche ihre Ursachen sind, wie noch näher zu zeigen ist. In ihm beobachtet man psychische Tatsachen unter ganz bestimmten Bedingungen, die von jedem nachgeahmt werden können; so kann jeder Forscher die Arbeit des andern nachprüfen, und wir erhalten eine Gemeinsamkeit der wissenschaftlichen Arbeit, die früher nicht bestand. Was das Experiment aus der Psychologie gemacht hat, wird im übrigen das ganze folgende Buch zu zeigen haben.

Stern unterscheidet das Forschungsexperiment und das Prüfungsexperiment (I, Kap. 5 und 6). Das erstere, von dem bisher die Rede war, dient zur Auffindung psychischer Tatsachen und Gesetze; es zeigt z. B., wie eine psychische Eigenschaft zusammengesetzt ist, in welcher Weise verschiedene psychische Leistungen darin zusammenwirken. Das Prüfungsexperiment, der Test dagegen soll eine psychische Eigenschaft bei einer bestimmten Person feststellen. So bestimmt man, ob ein Kind der intellektuellen Begabung nach seinem Altersdurchschnitt entspricht oder wie viele Jahre es dahinter zurücksteht. Das Wesentliche für einen Test ist, daß er möglichst eindeutig mit der betreffenden Eigenschaft verbunden sei, für deren Feststellung er angewandt wird.

Das Experiment kann sich mit den vorigen Verfahren kreuzen und entweder vorzugsweise die Selbstbeobachtungen benutzen (Experimente mit systematischer Selbstbeobachtung), oder bloß einen objektiven Tatbestand ermitteln helfen, der eine psychische Gesetzmäßigkeit festlegt. Das erstere geschieht hauptsächlich bei den höheren psychischen Leistungen, der Untersuchung der Denkvorgänge, des Willensvorganges, wo aus den Protokollen der Selbstbeobachtung eine möglichst vollständige Beschreibung des Prozesses nach seinem Verlauf gewonnen werden soll. Das letztere findet besonders Verwendung bei der Erforschung einfacherer Leistungen, z. B. dem Anwachsen der Assoziationsstärke.

C. Eine im Prinzip unwesentliche Verschiedenheit bedeutet es, ob die Experimente oder Beobachtungen bloß von einem angestellt werden

oder nach seiner Anweisung von vielen in einer Art Arbeitsgemeinschaft. Manche Fragen können nicht durch die Arbeit eines einzelnen gelöst werden, sondern erfordern Organisationen, von denen die Vorbereitung, Durchführung oder Verarbeitung der Resultate in Arbeitsgemeinschaft betrieben wird (*Stern* I, Kap. 7). Das gilt besonders von Beobachtungen, zu denen sich nur selten Gelegenheit bietet, z. B. von der Beobachtung operierter Blindgeborener oder dem Studium primitiver Völker. Es muß also ein einheitliches Verfahren ausgebildet werden, an das sich alle Beobachter zu halten haben. Schon die Ausarbeitung dieser Methoden kann das Zusammenarbeiten mehrerer verlangen. So müssen in der Anweisung für Forschungsreisende die Methoden der Prüfung der einzelnen Fähigkeiten von Fachmännern ausgearbeitet werden.

Eine besondere Art ist die „Fragebogenmethode“, von *Baerwald* „Methode der vereinigten Selbstwahrnehmung“ genannt (ZPs 46, 174 ff.), die gegenüber der gelegentlichen Beobachtung ähnliche Vorteile zeigt wie das Experiment. Sie gibt eine größere Fülle von Tatsachen und macht so auf vieles aufmerksam, was der Einzelbeobachtung entgeht. Sie zeigt die individuellen Verschiedenheiten und verhindert dadurch, Einzelerfahrungen für allgemeine Gesetze auszugeben, was früher nicht selten geschah; es tritt durch das Zusammenarbeiten vieler eine größere Sicherheit ein, indem etwaige subjektive Deutungen vereinzelt bleiben. Außerdem besitzt die Methode eine meßbare Wahrscheinlichkeit.

Die Erhebung ist nicht eigentlich eine einheitliche Methode, sondern die Zusammenfassung anderer, direkter Methoden. Bisweilen werden darin Selbstbeobachtungen verlangt, bisweilen Erinnerungen, anzustellende Versuche, Urteile und Wertungen. Die gemeinsame Eigentümlichkeit ist das Bestehen eines Mittelgliedes zwischen dem Untersucher und Beantworter, sei dieses ein Fragebogen oder eine Mittelsperson.

Beim Fragebogen verlangt *Baerwald* die Erfüllung folgender Bedingungen: nur aufmerksame Beobachter und zurückhaltende Beurteiler dürfen zur Beantwortung des Fragebogens herangezogen werden. Begriffe, die nicht allgemein geläufig sind, müssen durch eine Erörterung klar gemacht werden. Wenn Mißverständnisse möglich sind, gebe man mehrere Hypothesen an, welche durch die Frage bestätigt oder widerlegt werden können, und zwar zur Vermeidung einer Suggestion immer mehrere einander ausschließende Lösungen. Solche Fragen, bei deren Beantwortung irgendwelche Affekte die Wahrhaftigkeit beeinflussen können, sind natürlich auszuschließen. Die Fragestellung muß konkrete Einzeltatsachen verlangen, dagegen davor warnen, Vermutungen und Deutungen zu bieten. In seiner späteren Schrift (Zur Psychologie der Vorstellungstypen usw.) empfiehlt *Baerwald* für die erstmalige Befragung eine schriftliche Beantwortung, die weniger suggestiv ist und Zeit läßt. Für die Ausfüllung von Lücken ist dann die mündliche Befragung am Platz, da der Befragte nun schon über die Sache nachgedacht hat. Bei der gewöhnlichen Zahl von Beantwortungen, die ein Fragebogen zu erzielen pflegt, ist die bloße Zahl der Antworten nicht sehr beweisend. Aber die gegenseitige Bestätigung kann weiter helfen: indem etwa ein schwächer bezeugtes Ergebnis auch sonst zu erwarten war oder sich mehrere unabhängige Umfragen decken. Überhaupt muß man bei der Würdigung der Ergebnisse hier weniger statistisch, als mit Abwägung des Wertes der einzelnen Tatsachen vorangehen.

Das Gebiet der Erhebungen sind vorzüglich die Fragen der höheren Psychologie, welche durch das Experiment schwer zu erreichen sind, oder bei denen es auf eine

Prüfung der typischen Verschiedenheiten und deshalb auf ein größeres Menschenmaterial ankommt. Das Resultat ist nicht deshalb für wertlos zu halten, weil es die Exaktheit des Experimentes nicht erreicht. Die Exaktheit ist überhaupt ein relativer Begriff, der mit der Art der Wissenschaft wechselt. Nur jene Resultate können als unwissenschaftlich gelten, welche hinter dem Exaktheitsdurchschnitt des betreffenden Gebietes erheblich zurückbleiben.

§ 3. Die Möglichkeit psychischer Messungen.

Kant glaubte, die Psychologie könne sich nie zu einer wahren Wissenschaft erheben, weil auf die psychologischen Erscheinungen keine Mathematik angewendet werden könne. Da nämlich die Zeit nur eine Dimension habe, könne keine Beziehung zwischen zwei Variabeln aufgestellt werden, wie es doch für jedes Gesetz notwendig sei. Die Psychologie müsse sich also darauf beschränken, eine historische und systematische Naturlehre des inneren Sinnes zu sein. Die vorläufige Antwort liegt nahe: Auf die Psychologie ist wenigstens insofern Mathematik anwendbar, als man hier zählen kann, also jedenfalls ein statistisches Verfahren. So kann die Zunahme der Assoziationsstärke während des Auswendiglernens an der Zahl der Wiederholungen geschätzt werden, die nötig sind, um das immer gleiche Resultat des fehlerfreien Hersagens zu erreichen. Genauer läßt sich sagen:

1. Nicht jede experimentelle Feststellung verlangt eine quantitative Messung. Häufig ist schon eine nur qualitative Beobachtung wertvoll. So wurden unzählige Experimente über den Hypnotismus angestellt, um die Erscheinungen selbst kennen zu lernen, ohne jede eigentliche Messung; ähnlich in den pathologischen Fällen der Aphasie usw. Dasselbe gilt in der normalen Psychologie. Ob die Aufmerksamkeit eine Empfindung verstärkt oder nicht, kann ohne Messung festgestellt werden. In den Gedankenexperimenten erlaubt die bloß statistische Verarbeitung der Protokolle wertvolle Folgerungen zu ziehen.

2. Sehr häufig handelt es sich um indirekte psychische Messungen, d. h. um die Messung der körperlichen Begleiterscheinungen, an die die psychischen Vorgänge eindeutig gebunden sind. Ein Beispiel ist die Messung des Kontrastes. Legt man ein graues Quadrat auf eine schwarze Fläche, so erscheint es heller, als wenn es auf gleich graue Grundlage gelegt wäre. Seine Helligkeit ist durch den (subjektiven) Kontrast vergrößert worden. Für die Größe des Kontrastes gewinne ich ein Maß, indem ich das Grau auf der schwarzen Fläche dunkler mache, bis es eben gerade so hell erscheint wie das andere Grau auf gleich grauer Grundlage. Dann ist die Differenz der Helligkeit beider Grau das Maß für die Größe des gesehenen Kontrastes.

Allgemein also: man mißt körperliche Vorgänge, mit denen die psychischen eindeutige Abhängigkeitsbeziehungen haben. Übrigens sind auch die Messungen in der anorganischen Natur häufig indirekt. Die Temperatur mißt man indirekt an den Raumteilen der Skala. Ebenso kann man die psychischen Vorgänge messen, teils von ihren körperlichen Ursachen her, teils in ihren körperlichen Wirkungen.

3. *Fechner* ging noch weiter und unternahm es, die Intensität der Empfindungen zu messen. Er geht von dem Grundsatz aus, daß wenn zwei Empfindungsunterschiede (in Bezug auf die Intensität) beide eben merklich sind, sie für psychisch gleich erklärt werden können. Unter dieser Voraussetzung läßt sich ein Empfindungsgebiet in eine Reihe Intensitätsstufen von 0 an einteilen, worin jede eben merklich größer ist als die vorhergehende. Betrachtet man dann beispielsweise die erste Stufe als Einheit, so kann man von jeder Intensität feststellen, wie viele solcher Einheiten sie umfaßt. Eine höhere Empfindungsintensität kann also als ein bestimmtes Vielfaches einer willkürlich gewählten Einheit bezeichnet werden: was eben „messen" heißt. Indessen ist die Voraussetzung der Ableitung von vielen bestritten worden, wie in Abschnitt IV näher ausgeführt werden soll.

§ 4. Die Entwicklung der Psychologie.

Schon die alte spekulative Psychologie, besonders im Sinn des *Aristoteles* und seiner Schule, unternahm es, die psychischen Erscheinungen zu sammeln und in Gruppen zu ordnen sowie Gesetzmäßigkeiten besonders aus den Anwendungsgebieten aufzustellen. Für die verschiedenen Gruppen, welche genügende Unterschiede zeigten, nahm man besondere Vermögen der Seele an. Die Beobachtung fehlte nicht, war aber, wie in allen damaligen Realwissenschaften, keine systematische, sondern eine gelegentliche; man begnügte sich hauptsächlich mit den Tatsachen, die aus den Anwendungsgebieten bekannt waren. Das Hauptziel war ein philosophisches, die Zurückführung auf die letzten Gründe, die Untersuchung des Wesens der Seelensubstanz und der wesentlichsten Bestimmungen über ihre Handlungsweise. Was vor allem interessierte, waren Fragen wie die nach dem wesentlichen Unterschied von Sinneserkenntnis und Verstandestätigkeit, nach der Freiheit des Willens und ähnliche, die gewiß für den Menschen von größter Bedeutung sind und immer bleiben werden. Dagegen machte die Aufsuchung besonderer Gesetze und ihre Erklärung keine größeren Fortschritte. Diese Art der Behandlung reicht hinab bis in die Vermögenspsychologie der neueren Zeit. Eine fast alleinstehende Ausnahme bildet der geniale Araber *Alhazen* (vgl. *Fröbes*, ZPs 85 [1920] 1 ff.), der in meisterhafter Weise die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen ausarbeitete.

Eine Reaktion gegen die metaphysische Psychologie bedeutet die englische Assoziationspsychologie. Ihre Absicht war, über die bloße Zuweisung der Vorgänge an die Vermögen hinauszugehen und die große Verschiedenheit der Erlebnisse und Gesetze auf wenige zurückzuführen. Hierzu gehören die englischen Psychologen *Locke, Hume, Hartley, Stewart, James Mill, J. St. Mill, Bain* usw. Von dieser Schule wird besonders die Bedeutung des Assoziationsgesetzes erkannt und allgemein durchgeführt. Nach *Hume* z. B. entstehen durch Assoziation alle zusammengesetzten Vorstellungen, Relationen, Modi, Substanzen; der Glaube beruht auf der Stärke der betreffenden Vorstellung. Nach *James Mill* gibt es nur eine Klasse psychischer Tatsachen, die Empfindung, und nur ein Gesetz, die Berührungsassoziation. Es ist nicht zu leugnen, daß auf diesem Wege manche sinnlichen Vorgänge gut erklärt wurden. Indessen werden auch bei ihnen die Störungen der Seelenvorgänge durch Krankheiten ebensowenig herangezogen wie vorher. Ihre Erklärung bleibt auf rein psychologischem Gebiete stehen, zieht physiologische Ursachen noch nicht heran.

Einen intensiven, aber wenig glücklichen Versuch, in die Behandlung psychologischer Probleme mathematische Exaktheit hineinzubringen, machte *Herbart,* für den der ganze seelische Mechanismus ein Spiel von Vorstellungen ist. Da aber die

Voraussetzungen seiner Ableitungen nicht auf der Erfahrung beruhten. blieb der Versuch trotz wertvoller Einzelheiten in der Hauptsache eine Phantasieschöpfung.

Einen wichtigen Fortschritt brachte da die Berücksichtigung der allmählich erstarkenden wissenschaftlichen Physiologie. Schon *Lotze* verwendet deren Erfahrungen in vollem Umfang. Das Extrem vertrat hier *Comte,* der die Psychologie überhaupt durch Physiologie und Phrenologie ersetzt wissen wollte. Nach *Horwicz* kann das Selbstbewußtsein nur einen rohen Überblick über die Seelentätigkeit geben, das übrige müsse die Physiologie leisten; sie bestimme die Klassen der psychischen Phänomene, die Elemente, die Gesetze der Komplikationen usw. Ähnlich *Maudsley:* Das psychische Leben beruht auf materiellen Bedingungen, die nur die Physiologie bestimmen kann. Somit muß die alte psychologische Methode auf Irrwegen wandeln. Dieselbe Richtung der „physiologischen Psychologie“ in engerem Sinn befürwortet *Ribot* in der Einleitung seiner „Psychologie in Deutschland“. Diese Richtung brachte den bleibenden Gewinn, ein Forschungsmittel von größter Bedeutung in die empirische Psychologie einzuführen. Freilich waren die positiven Leistungen ihrer damaligen Vertreter häufig nur die Übersetzung psychologischer Vorgänge in eine physiologische Sprache. Nicht viel anderes kann man von der Erneuerung dieser Richtung in der „objektiven Psychologie“ *v. Bechterews* und der Behavior-Psychologie *Watsons* sagen, die grundsätzlich auf jede Erklärung aus dem Bewußtsein verzichten und nur die körperlichen Reaktionen des Organismus auf die inneren oder äußeren Reize beschreiben und physiologisch erklären wollen (*Watson,* PsR 24 [1917] 329 ff.; *Weiß* ebd. 353 ff.). Sie kommen über Scheinerklärungen aus unbekannten Nervenprozessen nicht hinaus und verzichten, was die Hauptsache ist, auf das eigentliche Thema der Psychologie. Richtiger formulierte schon *Wundt* das Programm einer besonnenen physiologischen Psychologie: Die physiologische Psychologie soll nicht die psychologischen Erscheinungen aus den physiologischen erklären, sondern die Physiologie soll ergänzend herangezogen werden, beispielsweise für die körperlichen Grundlagen des seelischen Lebens; besonders aber sollen die physiologischen Methoden für die Psychologie nutzbar gemacht werden.

Die heutige empirische oder experimentelle Psychologie, welche das Wertvolle der vorigen Auffassungen zu verbinden sich bestrebt, unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von ihnen, daß sie prinzipiell das Experiment verwendet und damit eine Forschungsarbeit ermöglicht hat ähnlich derjenigen, die in Physik und Physiologie schon lange besteht und einen sichern und beständigen Fortschritt der Erkenntnis bewirkt hat. Eine packende Schilderung der Eigenart dieser neuen Wissenschaft gibt *James* (Principles of Psychology I 192 193).

Diese neue Phase der Psychologie wurde vorbereitet durch gelegentliche psychologische Entdeckungen auf andern Gebieten. So wurde die Entdeckung der sogenannten „persönlichen“ Gleichung durch den Astronomen *Bessel* (1820) der Anlaß zur Ausbildung von Methoden, die Schnelligkeit psychischer Prozesse zu messen. Die wissenschaftliche Statistik, welche auf *Poisson, Bernoulli* usw. zurückgeht, wurde auf die menschlichen Handlungen besonders von *Quetelet* angewandt. *Helmholtz* maß zuerst die Schnelligkeit der Nervenerregungen (1850). Das gab die Mittel für die psychologischen Zeitmessungen von *Donders, Exner* und andern. *E. H. Weber* untersuchte zuerst den Tastsinn mit Hilfe von Messungen. Die klassischen Untersuchungen über Gehörsinn und Gesichtssinn von *Helmholtz* und *Hering* sind zum großen Teil schon wirkliche empirische Psychologie, obwohl sie

teilweise als Physiologie auftraten. Die eigentliche Grundlegung der neuen Wissenschaft stammt von *Fechner* in seinem berühmten Werk „Elemente der Psychophysik“ (1860), welches eine reiche Fülle alter und neuer Tatsachen aus dem Seelenleben sammelte, die psychologischen Methoden begründete und den geistreichen Versuch machte, auf Grund der Erfahrungstatsachen mathematische Formeln über die Größe der Empfindungsintensität aufzustellen. Die Formeln sowohl wie die Methodik wurden der Ausgangspunkt für einen hartnäckigen Kampf in den nächsten Jahrzehnten, der schließlich eine andere Richtung nahm, als man anfangs hätte erwarten können. Was *Fechner* als Hauptsache erschienen war, das Maßprinzip der Empfindung, wurde immer mehr beiseite geschoben, dagegen die von ihm gebotenen Methoden in theoretischer und praktischer Arbeit vervollkommnet und auf immer neue Gebiete übertragen.

Seitdem *Wundt* das erste psychologische Laboratorium gründete, sind eine große Reihe Forscher diesem Weg gefolgt und liefern in den zahlreichen Fachzeitschriften ein täglich wachsendes Material. Die wichtigsten Entdeckungen sollen in diesem Lehrbuche an geeigneter Stelle besprochen werden.

Angesichts dieser Entwicklung der Psychologie in den letzten Jahrzehnten ist es nicht zu verwundern, daß bei manchen ihrer Vertreter eine Geringschätzung der früheren Perioden und eine Kennzeichnung derselben als unwissenschaftlich sich häufig findet. Es ist ja keine seltene Erscheinung, daß Zeiten gewaltigen Aufschwunges andern Perioden nicht gerecht zu werden vermögen. So heißt es bei *Wundt* (Grundriß): Die alte Psychologie legte auf die Analyse und kausale Verknüpfung der psychischen Vorgänge geringen Wert. Sie sucht das Wesen der Seele zu ergründen und aus diesem Begriff dann den wirklichen Inhalt der Erfahrung abzuleiten. Sie erklärt nicht, wie die neuere Psychologie, psychische Vorgänge aus andern psychischen Vorgängen, sondern aus dem gänzlich davon verschiedenen Substrat. Demgegenüber begreift es sich, wenn manche Vertreter der alten Philosophie aus ihrer Antipathie gegen die neuere Wissenschaft kein Hehl machen und die Ansicht aussprechen, daß die neuere Forschung bloß Kleinigkeiten und Einzelheiten ohne Wert beigebracht habe.

Beides ist übertrieben. Der alten Psychologie, insbesondere *Aristoteles,* fehlte es nicht an Wertschätzung der Tatsachen, an der Analyse und kausalen Verknüpfung auch zwischen psychischen Vorgängen. Aber wie in andern Wissenschaften fehlte es vor allem noch an dem mächtigen Hebel der wissenschaftlichen Entwicklung, dem Experiment. Daß der alten Psychologie vor allem daran lag, über das Wesen der Seele richtige Anschauungen zu gewinnen, ist bei der gewaltigen ethischen Bedeutung dieser Fragen nicht gering zu bewerten. Eine Ableitung der Erscheinungen aus dem Wesen der Seele gehört dagegen eher zur rationalistischen Periode, als zur alten Psychologie. Daß übrigens auch eine gewisse Erklärung aus dem Wesen der Substanz einen guten Sinn hat, erkennt die induktive Logik unumwunden an (vgl. *Sigwart,* Logik II: Die Erklärung aus dem Wesen der Substanzen). *Myers* (Text-book of Experimental Psychology, 1911) urteilt wesentlich zurückhaltender und richtiger: Die experimentelle Psychologie wird oft als wissenschaftliche Psychologie bezeichnet, als unabhängig von der alten Psychologie, worin das Experiment keinen Platz gefunden habe. Das ist unrichtig. Das Experiment kommt schon bei *Aristoteles* vor; und Wissenschaft ist möglich ohne Experiment, wie Astronomie und Geologie beweisen. Die experimentelle Psychologie ist nur eine besondere Art, die Probleme zu untersuchen.

Selbstverständlich ist es ebenso einseitig, die Resultate der heutigen wissenschaftlichen Forschung für kleinlich, der Beachtung unwert zu halten. Die Tatsachen haben schon in sich ihren Wert, und wie *James* mit Recht sagt, wenn sie nur erst in genügender Anzahl vorliegen, werden sich größere Zusammenhänge von selbst einstellen, wie das bei jeder experimentellen Wissenschaft der Fall war. Daß auch heute schon wertvolle Resultate nicht fehlen, zeigt, um nur eines zu erwähnen, die neuere Gedächtnisforschung.

§ 5. Die psychologischen Teilwissenschaften.

Eine gute Teilung gibt *Titchener*, die wir auszugsweise mitteilen (vgl. sein „Lehrbuch der Psychologie" 43).

I. Die Psychologie des normalen Seelenlebens.

A. Die individuelle Psychologie.

1. Die Psychologie des Menschen.

a) Allgemeine Psychologie, d. h. die Psychologie des erwachsenen Kulturmenschen; sie ist die Grundlage aller andern.

b) Die spezielle Psychologie behandelt die verschiedenen andern Entwicklungsstadien, die für die Pädagogik grundlegende Psychologie des Kindes, die Psychologie des Greisenalters usw.

c) Die differentielle Psychologie oder die Lehre von den psychischen Unterschieden der Individuen.

d) Die genetische Psychologie, welche die ganze Entwicklung des Geistes im Laufe des Lebens darstellt.

2. Die Tierpsychologie, die nur durch Analogieschlüsse aus der Menschenpsychologie gewonnen werden kann. Sie läßt ähnliche Teilungen zu.

3. Die vergleichende Psychologie: die vergleichende Darstellung der verschiedenen Entwicklungsstufen der Tierseele oder der Menschen- und Tierseele.

B. Die kollektive Psychologie, welche sich weiter gliedert in:

1. die Völkerpsychologie, die das sog. Gesamtbewußtsein einer Gemeinschaft, die Erzeugnisse der „Volksseele" untersucht, Sprache, Recht, Sitte, Mythus usw.;

2. die ethnologische Psychologie, die differentielle Psychologie der verschiedenen Rassen oder Völker;

3. die Klassenpsychologie, die differentielle Psychologie der einzelnen Gesellschaftsklassen, Berufe usw.

II. Die Psychologie des anormalen Seelenlebens; die Lehre der geistigen Störungen, der Geisteskrankheiten usw.

Der Gegenstand der gegenwärtigen Abhandlung ist die allgemeine Psychologie des Menschen. Die Durchführung dieser Absicht läßt es freilich nicht vermeiden, auch andere Glieder der Teilung stellenweise heranzuziehen. So ist die Kenntnis der Entwicklung des Seelenlebens geeignet, zu entscheiden, ob eine Leistung angeboren oder erworben ist. Einen ähnlichen Nutzen vermag bisweilen auch die Tierpsychologie zu bieten; freilich ist in der Hauptsache die Tierpsychologie erst aus der Menschenpsychologie zu begreifen. Die differentielle Psychologie kann behilflich sein, den ganzen Umfang einer seelischen Funktion zu übersehen, z. B. bei der Intelligenzleistung zwischen den Extremen der Idiotie und des Genies.

Vor andern beachtenswert ist die mächtige Rolle, welche die Psychopathologie in unserer Wissenschaft spielt. Wir haben, wie *Störring* ausführt, in der Geisteskrankheit ein Experiment der Natur, indem Teil-

fähigkeiten des Seelenlebens wegen körperlicher Störungen ausgefallen sind. Das erlaubt festzustellen, bei welchen sonstigen Seelenvorgängen diese Komponente mitbeteiligt war und welchen Beitrag sie geleistet hat. So sind die pathologischen Tatsachen der Aphasie die besten Hilfsmittel zur Erkenntnis des Mechanismus beim Sprechen. Auf diesem Wege erst stellte sich die gewaltige Bedeutung der Organempfindungen für die Affekte, für das Zeitgefühl heraus. In hervorragendstem Maß wurden besonders von französischen Forschern (*Pierre Janet* und andern) die abnormen Zustände des Hypnotismus, die psychopathischen Grenzzustände zu psychologischen Schlußfolgerungen benutzt.

Schon diese kurze Übersicht läßt einigermaßen die praktische Bedeutung der Psychologie ahnen. Sie kann mit Recht als eine Grund- oder Hilfswissenschaft sämtlicher Geisteswissenschaften bezeichnet werden, ähnlich wie es die Physik für die Naturwissenschaften ist. Differentielle Psychologie, Pädagogik, Sprachwissenschaft, Ästhetik, teilweise Ethik gründen auf ihr. Bei der Psychiatrie ist es besonders klar, daß sie, soweit sie mehr als bloße empirische Sammlung und Ordnung der Tatsachen ist, sich zum allerwesentlichsten Teil auf psychologische Erklärungen angewiesen sieht. Welche Rolle sie ebenfalls in der historischen Kritik, in der Rechtswissenschaft zu spielen beginnt, haben die Untersuchungen über die Psychologie des Zeugen zum allgemeinen Bewußtsein gebracht (vgl. *Marbe*, FsPs 1).

Zur **Literatur** über Psychologie im allgemeinen:

Eine historische Einleitung in das Werden der neuen Psychologie bieten:

Ribot, Die experimentelle Psychologie der Gegenwart in Deutschland; vom Standpunkt der physiologischen Psychologie.

O. Klemm, Geschichte der Psychologie, 1911; vom Standpunkt der *Wundt*schen Schule.

Eine Einführung in die Grundbegriffe und die theoretischen Fragen geben:

Fr. Brentano, Psychologie vom empirischen Standpunkt I, 1874.

Pfänder, Einführung in die Psychologie, 1904.

Jos. Geyser, Lehrbuch der allgemeinen Psychologie, 2 Bände, [3]1920; eine vorzügliche spekulative Verarbeitung des neueren Materials.

Lehrbücher der empirischen Psychologie:

Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie, [2]1893, [8]1908.

Titchener, Lehrbuch der Psychologie, in 2 Tln, 1910 und 1912; beide auf sensistischem Standpunkt stehend.

Wundt, Grundriß der Psychologie, [9]1909.

W. James, Psychologie (deutsche Übersetzung von *Dürr*), 1909.

Witasek, Grundlinien der Psychologie, 1908.

Myers, Text-Book of Experimental Psychology, [2]1911.

Messer, Psychologie, 1914.

E. v. Aster, Einführung in die Psychologie, 1915.

R. S. Woodworth, Dynamic Psychology, 1918.

H. C. Warren, Human Psychology, 1919.

Osw. Külpe, Vorlesungen über Psychologie; hrsg. von *Bühler*, 1920.

Erismann, Psychologie, 3 Bändchen der Sammlung *Göschen*, 1920—1921.

J. Lindworsky, Experimentelle Psychologie, 1921.

Eine populäre Darstellung mit vielen guten Abbildungen bietet *Rud. Schulze,* Aus der Werkstätte der experimentellen Psychologie und Pädagogik, 1909.

Systematische Behandlungen größeren Umfanges enthalten:

James, Principles of Psychology, 2 Bde, 1901.

Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, 3 Bde, [6] von 1908 an.

Al. Höfler, Psychologie, 1897.

Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie I, [4] 1920 ist von *Bühler* besorgt; II, 1913 ist von *Dürr* verfaßt.

Lehmann, Grundzüge der Psychophysiologie, 1912.

Von Lehrbüchern der experimentellen Methodik seien erwähnt:

Titchener, Experimental Psychology; 4 Bde, 1901 und 1905.

R. Pauli, Psychologisches Praktikum, 1919.

Gruender, An introductory course in experimental psychology I, 1920.

Werden im folgenden diese Autoren ohne Zusatz genannt, so sind die hier angegebenen Werke gemeint. — Bei der Nennung dieser Werke wird abgesehen von der nicht selten unhaltbaren Metaphysik, die den Wert der Werke beeinträchtigt und eine rückhaltlose Anerkennung verbietet. Es ist hier nicht der Ort, das im einzelnen durchzuführen.

Erster Abschnitt.

Die Empfindung im allgemeinen.

§ 1. Die Empfindung als psychisches Element.

Literatur. *Stumpf,* Erscheinungen und psychische Funktionen, 1906.

1. Der Charakter des Bewußtseinsstromes. Um die Arten der Seelenvorgänge beschreiben zu können, muß man sie vor allem in eindeutiger, allgemein verständlicher Weise festgelegt haben. Das ist wesentlich schwieriger als die Bezeichnung der Vorgänge in den Naturwissenschaften. Denn abgesehen von den Schwierigkeiten der Selbstbeobachtung als solcher, hindert die außerordentliche Kompliziertheit und Unbeständigkeit des Bewußtseinsverlaufes dessen Beschreibung.

Man kann sich die Komplikation des Bewußtseins leicht zur Anschauung bringen. Wenn ich in einem Buch lese, das vor mir auf dem Tische liegt, so habe ich zunächst eine große Anzahl Gesichtswahrnehmungen: ich sehe den braunen Tisch in seiner Gestalt und Entfernung von meinem Körper und weiß dabei, daß es ein Tisch ist und wozu er dient; ich sehe das Buch in seiner Gestalt und füge in der Vorstellung in unbestimmter Weise das nicht direkt Gesehene hinzu, was es erst zum Buch macht; ich sehe das aufgeschlagene Blatt mit den schwarzen Figuren der Buchstaben in ihrer bestimmten Ordnung; ich erkenne die Worte, die mir als Klänge innerlich tönen, und was das wichtigste, erkenne ihren Sinn und den des Satzes und Abschnittes, den ich gerade lese; ich urteile zugleich vielleicht kritisch darüber, vergleiche mit anderem Wissen, zweifle oder erkenne an. Daneben gehen eine Reihe weiterer Wahrnehmungen, die ich gewöhnlich weniger beachte, der Druck der Kleider, die Empfindung der Körperhaltung, der Atembewegungen, der Wärme usw. Dieser schon recht breit erscheinende Strom hat dabei noch die Eigentümlichkeit, keine Sekunde unverändert zu bleiben; mit dem wandernden Blick verändern sich die Gesichtswahrnehmungen; Gedanken, Beziehungen auf das Gelesene schwirren durch das Bewußtsein, ziehen einen Augenblick die Aufmerksamkeit auf sich; Erinnerungen, Zerstreuungen kommen und gehen, die Aufmerksamkeit schwankt in ihrer Intensität beständig.

Auch dann, wenn ich durch Abstraktion das eine oder andere Element des Stromes herauslöse, z. B. die Wahrnehmung des Tisches, habe ich doch niemals genau dasselbe im Bewußtsein wie früher; eine Unzahl Erfahrungen hat sich damit im Laufe der Zeit verwoben und taucht im Gedächtnis auf, je nach der Gunst der Umstände. Neben diesen mehr gelegentlichen, sozusagen äußerlichen Verbindungen, die sich vorübergehend knüpfen und lösen, gibt es andere innigere, bei denen das eine zum inneren Bestandteil im andern wird. Ein Streben und die Vorstellung des gewünschten Gegenstandes sind nicht etwas bloß nebeneinander Stehendes; das Streben ist gar kein möglicher Akt, wenn es nicht das Vorgestellte in sich enthält. Die Vorstellung ist ein unabtrennbarer Teil dieses Strebeaktes. Dasselbe gilt vom Vergleichen und seinen Gegenständen.

Solche beständig zerfließende Querschnitte des Bewußtseins lassen sich in ihrer Gesamtheit natürlich durch kein Gesetz ausdrücken. Wir müssen vielmehr auf ihre vorläufigen Elemente zurückgehen. Von Elementen können wir dabei allerdings nicht im Sinn von Physik und Chemie reden, die ihre Elemente als fertig nebeneinander stehend denken, sondern dieselben werden hier auf dem Weg der Abstraktion gewonnen, indem man bei den Vorgängen von vielem, was sie unterscheidet, absieht und bloß das Gemeinsame im Auge behält. Nicht gemeinsame letzte Einheiten sind es, die die Psychologie ordnet, sondern gemeinsame Seiten, gemeinsame Teilprozesse verschiedener Querschnitte des Bewußtseins.

Solche abstrahierte gleichartige Gebilde kennt schon die gewöhnliche Sprache; man denke an Ausdrücke wie: ein Affekt, ein Plan, ein Schluß, eine Wahrnehmung. Bevor wir die genaueren wissenschaftlichen Teilungen besprechen, müssen wir uns klar machen, was alle diese Klassen als gemeinsame Eigentümlichkeit auszeichnet und sie den körperlichen Vorgängen als wesentlich verschieden gegenüberstellt.

2. Die gemeinsame Eigentümlichkeit der psychischen Erscheinungen wird dadurch bezeichnet, daß man sie psychische Vorgänge. Bewußtseinsvorgänge nennt. Das bedeutet, wie schon gesagt, daß sie innerlich wahrnehmbar sind. Eine Schwierigkeit machen hier scheinbar die Wahrnehmungen, die man je nach dem Standpunkt als äußere oder innere betrachten kann. Bei der äußeren Wahrnehmung werden die Empfindungen insoweit beachtet, als sie dienen, die Vorstellung eines Körpers zu wecken; ich schließe z. B. aus der Geschmacksempfindung auf die Substanz. Bei der inneren Wahrnehmung dagegen handelt es sich um die Feststellung der Beschaffenheit der Bewußtseinsinhalte als solcher, hinsichtlich ihrer Eigenschaften oder ihres Wirkens nach psychologischen Gesetzen; so wenn ich dieselbe Geschmacksempfindung auf ihre psychologischen Qualitäten untersuche (*Müller*). *Österreich:* Der Ich-Charakter alles Psychischen ist es, der die Gegenstände der Psychologie völlig jenseits der physischen Welt setzt. Die Einheit des Ich ist nicht ein bloßer funktioneller Zusammenhang, wie zwischen den Teilen einer Maschine. sondern besteht in der Beziehung auf dasselbe identische Ich. Gefühle, Vorstellungen. Empfindungen sind meine Gefühle usw. Das bedeutet nicht etwa, daß sie in einen größeren Komplex gleichartiger Phänomene eingeschlossen sind, denn dieser Komplex ist wieder der meine; es bedeutet, daß ich es bin, der davon Bewußtsein hat. Selbst die innige Vereinigung zusammengewachsener Zwillinge bringt, wie die Erfahrung gezeigt, kein Übergreifen des Seelenlebens zustande. Auch da handelte es sich allemal um zwei verschiedene Ich-Sphären. Es gibt keine Brücke von einem Subjekt zum andern. — Ähnlich beschreibt *Witasek* (47 ff.) die Ich-Tatsachen: Wir stellen unser Ich der Empfindung, dem Gedanken usw. gegenüber; diese alle gehören dem Ich an. Wir haben das Bewußtsein, daß die einzelnen Erlebnisse im Ich zu einer inneren Einheit verbunden sind. Das Ich kommt in jeder psychischen Tatsache mit zum Bewußtsein. Das Ich verharrt, wenn die Tatsachen vergehen, bleibt mit sich identisch.

Diese Fassung des Ich gleichzeitig mit jedem andern Akt ist nicht zu denken als ein getrennter, für sich bestehender Erkenntnisakt neben dem sonstigen Erkennen, sondern als notwendiger Teilgegenstand jedes psychischen Aktes. Indem wir den Ton vorstellen, erfassen wir zugleich das psychische Phänomen selbst. Der Ton ist das primäre, das Hören das sekundäre Objekt, das nebenbei (in obliquo) erfaßt wird (*Brentano,* Buch 2, Kap. 5).

Auf die metaphysischen Folgerungen dieser Tatsachen kommen wir später zurück. Bei der folgenden Gegenüberstellung der psychischen Klassen können wir von diesem

gemeinsamen Element nunmehr absehen und von den Vorgängen reden, als wären es selbständige, einander gegenüberstehende Einheiten gleich den Bewegungen verschiedener Atome. Es ist aber zu beachten, daß das bloß eine Fiktion ist, notwendig zur einfacheren Darstellung, und nicht die ganze Wahrheit.

3. Einteilungen der psychischen Vorgänge. Hierbei wurden verschiedene Wege der Reihe nach beschritten. Der nächstliegende und zuerst eingeschlagene war der, die von der Sprache her bekannten, mit eigenen Worten unterschiedenen Gebilde, die Affekte, Entschlüsse, Urteile usw. als die Einheiten anzusehen und sie nach Ähnlichkeit in Klassen und Gruppen zu vereinigen. Ein anderer Weg wäre, in den Gesamtheiten auf die letzten Elemente zurückzugehen. Auch diese Elemente sind nur durch Abstraktion zu gewinnen, die aber wesentlich tiefer herabdringen muß, als im ersten Fall. Sie kommt zu Gebilden, wie den verschiedenen Klassen von Empfindungen, Gefühlselementen usw. Endlich hat man neuestens gewisse formale Ähnlichkeiten und Gegensätzlichkeiten der Gebilde zum Einteilungsprinzip erhoben. Im einzelnen:

a) Von *Aristoteles* stammen zwei Teilungen der psychischen Gesamteinheiten, die beide bis in die neueste Zeit weiteste Verbreitung und Anerkennung gefunden haben; die eine nach der Vollkommenheit in niedere sinnliche und höhere intellektuelle Vorgänge, wovon erstere auch dem Tiere zukommen, letztere dem Menschen allein. Die andere ist eine Querteilung in die Vorgänge des Erkennens und Begehrens; die Kreuzung beider ergibt also vier Grundklassen. Die fundamentale Verschiedenheit des Erkennens und Begehrens sah schon *Aristoteles* in der verschiedenen Beziehung zum Objekt. Was die erste Teilung betrifft, so versuchten die Rationalisten alle Vorgänge zu rationellen zu machen, die Empiristen alle zu sinnlichen; *Kant* machte noch einen Versuch, die Sonderart aufrecht zu erhalten. Aber unter dem Einfluß der englischen Assoziationspsychologie wurde dieser Gegensatz in den Hintergrund gedrängt; erst in neuester Zeit macht sich eine Reaktion zu Gunsten der alten Teilung wieder geltend (*Husserl*). Die zweigliedrige Querteilung reicht hinab bis zu *Descartes, Wolff, Reid, Hume* usw. Ihr trat seit *Tetens* eine Dreiteilung als Mitbewerber gegenüber, indem das Gefühl dem Erkennen und Begehren als gleich fundamental an die Seite gestellt wurde. Besonders seit *Kant,* der sie seiner Teilung der Philosophie zu Grunde legte, wurde diese neue Gliederung herrschend. Neben dem zentripetalen Aufnehmen des Objektes in der Erkenntnis und dem zentrifugalen Streben nach dem Objekt erscheint das Gefühl als etwas rein Subjektives, das sich nicht auf das Objekt bezieht, sondern allein auf das Subjekt. So *Lotze, Hamilton* und viele andere. *Höfler* und *Witasek* teilen folgendermaßen ein: die Grundklasse des Geisteslebens hat die Klassen Vorstellung und Urteil unter sich, zur Grundklasse des Gemütslebens gehören die Klassen Gefühl und Begehren.

Von der neueren englischen Psychologie stammt eine genetische Teilung in einfache und zusammengesetzte Vorgänge. So zerfallen nach *Spencer* die zusammengesetzten Seelentätigkeiten in kognitive (Gedächtnis, Vernunft) und affektive (Gefühl, Wille); die einfachen Bewußtseinsinhalte scheiden sich in Emotionen und Empfindungen.

b) In der englischen Assoziationspsychologie tritt ein neuer Gesichtspunkt auf; es werden die Elemente der verschiedenartigen Gebilde gesucht und eine Teilung der Elemente gegeben statt der früheren Teilung der Gesamtphänomene. So führt *James Mill* alles auf Empfindung zurück, dem neuesten *Ziehen* folgt; das Gefühl ist ihnen nur eine Eigenschaft der Empfindung, ähnlich wie die Intensität. Häufiger

ist die Zurückführung auf zwei letzte Elemente, Empfindung und Gefühl; so bei *Wundt,* für den das Begehren eine besondere Art des Gefühlsverlaufes ist, während die Empfindung in ihren Verbindungen die Vorstellung, Wahrnehmung und überhaupt das ganze Gebiet der Erkenntnis bestreitet. Die Zweiteilung erscheint der Aristotelischen zunächst nicht unähnlich; trotzdem ist ihre wahre Bedeutung eine verschiedene: Empfindung und Urteil gehören nach *Aristoteles* in dieselbe Grundklasse, weil beide dem gemeinsamen Begriff der Erkenntnis gerecht werden, wobei aber die letzten Elemente, die Klangempfindung und die Beziehungserkenntnis, grundverschieden, nicht aufeinander zurückführbar sind; nach *Wundt* oder *Ziehen,* weil das Urteil eine gewisse Zusammensetzung ist, deren Elemente nur Empfindungen sind. Nicht wenige Forscher bevorzugen wieder eine Dreiteilung der Elemente, etwa in Empfindung, Vorstellung und Gefühl. So *Ebbinghaus, Titchener,* der übrigens die Teilung ausdrücklich als eine vorläufige bezeichnet: die Zahl der Elemente werde in Zukunft eher zu vermehren als zu vermindern sein.

c) Wieder einen andern Sinn hat die Gegenüberstellung von Erscheinung und Akt, oder auch Inhalt und Funktion u. ä. 1) Die Inhalte (Erscheinungen) gelten dabei als das mehr vergängliche (*Külpe*), sind in jedem Augenblick vollständig (*Witasek*), eine bloße Kette von Gegebenheiten, Erlebnisse der unmittelbaren Erfahrung (*Stern*). Es gehören zu ihnen vor allem die Sinnesempfindungen und Vorstellungen, nach manchen auch Gedanken, Gefühle, Relationen. 2) Die Funktionen (Akte) dagegen sind die Betätigungsweisen an solchen Gegenständen, das Bemerken, Sicherinnern, Erkennen, Meinen, Anerkennen, Lieben, Hassen, Hoffen, Fürchten. Sie verleihen den Gegebenheiten die Einheit der Richtung (*Stern*), haben einen gewissen zeitlichen Verlauf, machen einen Komplex verschiedener Grundgebilde aus (*Witasek*). Beide Klassen sind, was die Einteilung nach ihnen rechtfertigt, voneinander unabhängig veränderlich. Dieselbe Funktion des Wahrnehmens kann auf verschiedene Inhalte (Sinneseindrücke) gehen; derselbe Sinneseindruck von verschiedenen Akten (Wahrnehmen, Urteilen) erfaßt werden. Die Gestalt kann bei gleichem Inhalt erfaßt werden oder nicht. *Stumpf* setzte den Akten und Inhalten später noch zwei weitere Klassen an die Seite, nämlich: 3) die Relationen und 4) die Gebilde der psychischen Funktionen, wie die Gestaltqualität (im Gegensatz zum Akt des Zusammenfassens) oder den zu beurteilenden Sachverhalt (im Gegensatz zur Anerkennung oder Verwerfung) usw., während *Külpe* diese Klassen den Inhalten eingliedern möchte.

Die Lehre scheint bei den verschiedenen Forschern etwas verschiedenen Sinn zu haben. Teils ist es der Gegensatz des aktiven Hervorbringens und des ruhenden Ergebnisses, teils der der passiven Elemente und der aktiven komplizierten Vorgänge. Eine Gegenüberstellung von Akt und Inhalt liegt besonders nahe bei der Sinneserkenntnis. Beim gesehenen farbigen Körper hat man im Subjekt den Inhalt als Vertreter des Objektes und den als mehr indifferent gedachten Sehakt, der bei anderem Inhalt gleich zu sein scheint. Die Frage ist nur, ob diese scheinbare Zweiheit und unabhängige Veränderlichkeit nicht einfacher als Ähnlichkeit und Verschiedenheit der Inhalte unter verschiedenen Gesichtspunkten zu deuten ist. Das Sehen und Betasten desselben Quadrates läßt sich deuten als verschiedener Akt bei gleichem Inhalt, aber ebenso gut in der bloßen Inhaltsseite als Ähnlichkeit der Ausdehnung bei Verschiedenheit der Qualitäten. Die Teilung im andern Sinn der verschieden großen Komplikation kann noch weniger als Grundteilung der psychischen Vorgänge dienen; sonst käme das disparateste nebeneinander zu stehen, bloß auf den Grund hin, daß es gleich kompliziert aus verschiedenartigem Inhalt aufgebaut sei.

4. Die seelischen Fähigkeiten. Die bleibende Grundlage der verschiedenen Erlebnisse werden von jeher als Fähigkeiten, Vermögen, Dispositionen bezeichnet. Der Grundgedanke dafür ist einleuchtend. Wenn verschiedene Lebewesen auf denselben

äußeren Reiz in verschiedener Weise antworten, muß der Grund der Verschiedenheit in ihnen selbst liegen, in ihren Eigenschaften oder Fähigkeiten. Deshalb kann keine Psychologie die allgemeinen Dispositionen entbehren, spricht sie von Verschiedenheiten der Gedächtnisfähigkeit, der Intelligenz (*Stern*). Diese geistigen Fähigkeiten definiert *Meumann* als individuelle Möglichkeiten, eine geistige Leistung zu vollbringen, die auf Anlagen und Bildungseinflüssen beruhen.

Baade (Zur Lehre von den psychischen Eigenschaften usw., in ZPs 85 [1920]) unterscheidet die Einzel- und Allgemeindispositionen. Gewisse Dispositionen gehen auf ganz bestimmte Einzelakte, auf stereotype Leistungen, wie das Wissen um eine bestimmte Tatsache, eine bestimmte Gewohnheit im Handeln. Dem stehen die allgemeinen Eigenschaften gegenüber, die auf verschiedene Anlässe in jeweils angepaßter Weise mit abgestuften Wirkungen antworten. Solcher Art sind die Dispositionen zu lebhafter Phantasietätigkeit, zu lebhaften Erinnerungsbildern, die Intelligenz, Grausamkeit, Geschicklichkeit, Tendenz zu lebhaftem Mienenspiel. Nicht selten sind auch beide miteinander vereinigt. Der Turner muß manche Einzelbewegung gesondert gelernt haben, die also Einzeleigenschaften sind; aber für bedeutende Leistungen braucht er auch allgemeine Eigenschaften, wie Gewandtheit, Mut, Entschlußfähigkeit. Dieser Unterschied fällt also praktisch meist zusammen mit dem andern der angeborenen und erworbenen Fähigkeiten; obwohl auch die allgemeine Eigenschaft im Lauf des Lebens stark verändert werden kann, z. B. bei Schädigung des Gehirns; ebenso können Einzelakte angeboren sein, wie manche Reflexe und Instinkte beim Kind.

Eine gewisse Vermögenspsychologie glaubte die Zahl der Anlagen genau angeben zu können; während man heute sich bemüht, aus dem Nebeneinander der Eigenschaften, die man allmählich besser und vollständiger kennen lernt, ein System von einander untergeordneten Dispositionen abzuleiten, die ein Strukturbild des Individuums geben (*Stern*). Gelegentlich wurden Vermögen fast als von der Seele getrennte Kräfte hingestellt, als starre Wesen, die wie selbständige Geister tätig sind. Natürlich wäre eine solche Übertreibung mit der Einheit des Menschen unvereinbar. Eine entgegengesetzte Übertreibung wäre es, aus den Dispositionen bloße Klassenbegriffe zu machen, was sie unfruchtbar machen würde (*Külpe*).

5. Zusammenfassung. Unsere Aufgabe kann es nicht sein, die Streitfragen über die beste Teilung zu entscheiden. Es genügt uns hier, eine vorläufige Übersicht gewonnen zu haben, die unser Vorangehen zu ordnen gestattet. Wir stellen danach zunächst einander gegenüber die mehr objektiven Vorgänge (Erkenntnisvorgänge verschiedenster Art) und die mehr subjektiven (Willens-, Gefühlsvorgänge). Die ersteren teilen sich nach ihrer Höhe in solche einfachster Art (Töne, Farben usw.) und in Zusammensetzungen (Wahrnehmungen), ferner in Vorgänge konkreter (Vorstellungen) und abstrakter Natur (Begriffe, Urteile). Ihre Verbindungen machen der Hauptsache nach die kompliziertesten geistigen Leistungen aus: die Phantasieschöpfungen, den planmäßigen Gedankenverlauf. Die mehr subjektiven Vorgänge wurden schon häufig passend in zwei Hauptgruppen gesondert, das Gefühlsvermögen (Lust, Affekt, Stimmung) und die eigentlichen Vorgänge des Begehrens (Trieb, Willensentscheidung). In der Beschreibung der einzelnen geht die natürliche Ordnung vom Einfacheren, Niederen zum Zusammengesetzten, Höheren, und anderseits in der Querteilung vom Erkennen zum Gefühl und zum Begehren. Der gegenwärtige und der folgende Abschnitt behandeln die elementarsten Prozesse, Empfindung

und einfachste Gefühle. Später werden in derselben Ordnung weitläufiger die komplexeren und höheren Prozesse zu behandeln sein.

Wir beginnen mit den einfachsten und niedersten Erkenntnisvorgängen, den Sinneswahrnehmungen, dem Hören eines Geräusches, dem Sehen eines Baumes. Eine genauere Untersuchung läßt auch in der Sinneswahrnehmung höhere und niedere Bestandteile sondern. Zu den höheren gehört das Erkennen des Objektes, das Erfahrungsleistungen einschließt. Wir lassen diese zunächst weg und betrachten allein die niederen, direkten Antworten auf die äußeren Reize, die Empfindungen; also die Wahrnehmung von Blau, Rot, von Tönen, Berührungen, Wärme, Schmerz usw. Allgemein sind Empfindungen Erkenntnisse von Eigenschaften, die nicht dem erkennenden Subjekt beigelegt werden, sondern den sinnlich wahrnehmbaren Objekten; es sind nicht Phantasievorstellungen, Erinnerungsvorstellungen, sondern Bestandteile einer Wahrnehmung, also Wirkungen eines physikalischen Reizes; und zwar sind es die letzten Elemente, welche zwar noch verschiedene Eigenschaften haben, aber nicht mehr in verschiedene Vorgänge zerlegt werden können (*Höfler*).

Die Worte „Empfindung“ und „Gefühl“ werden in der gewöhnlichen Sprache nicht selten fast gleichbedeutend gebraucht, so im Worte Gefühlssinn. Wissenschaftlich ist heute das Wort Empfindung auf das Erkenntniselement beschränkt, Gefühl dagegen auf die emotionalen Elemente, Lust, Unlust usw. Statt von Gefühlssinn redet man nur mehr von Tastsinn.

§ 2. Die Vorbedingungen der Empfindung.

Das Zustandekommen einer Empfindung setzt eine Reihe von Bedingungen voraus. Damit ich ein Haus vor mir sehe, muß zunächst von dem äußeren Objekt eine physikalische Wirkung ausgehen, hier gewisse Wellenbewegungen des Äthers, die sich nach allen Richtungen fortpflanzen und unter anderem auch auf das Auge treffen. Dort bewirken sie direkt oder indirekt eine Erregung des Sehnerven. Diese pflanzt sich weiter durch den sensorischen Nerven zu einem bestimmten Teil der Großhirnrinde, dem Sinneszentrum, fort. Hierdurch wird in unbekannter Weise das Bewußtsein beeinflußt und antwortet mit dem Bild im Bewußtsein, der subjektiven Empfindung. Die einzelnen Glieder dieses Vorganges sind nun näher zu beschreiben.

1. Die Reize. Die äußere Ursache, welche schließlich zur Empfindung führt, heißt der äußere Reiz. Der Begriff stammt aus der Physiologie. Dort heißt Reiz ein äußerer Vorgang, welcher die Bedingung für eine Zustandsänderung des Organismus ist. Der Reiz in psychologischem Sinn ist ein besonderer Fall davon; er ist ein körperlicher Vorgang, welcher die Bedingung für eine Nervenerregung ist, und zwar für eine solche, welche von einem Bewußtseinsvorgang begleitet wird. Im Vergleich zum Bewußtsein sind alle körperlichen Bedingungen äußere, mithin Reize. Wenn man nun dennoch die Reize als äußere und innere Reize, oder mit andern Worten: physikalische und physiologische Reize unterscheidet, so geschieht das nach dem Gesichtspunkt, ob sie außerhalb oder innerhalb des Organismus vorkommen. Ein äußerer Reiz ist immer bloß mittelbare Ursache der Empfindung; er muß sich erst in einen inneren im Sinnesorgan umsetzen.

Die äußeren Reize sind entweder Bewegungen (Licht) oder Stoffwanderungen (Geruch), was sich ungefähr deckt mit der Teilung in physikalische und chemische Reize. Die physikalischen teilen sich wieder in mechanische, akustische, thermische, optische und elektrische. Die inneren oder physiologischen Reize sind entweder peripher oder zentral, d. h. im äußeren Sinnesorgan oder Gehirn. Gewöhnlich sind für eine Empfindung alle drei Arten von Reizen nacheinander tätig, der physikalische, periphere und zentrale. Wenn eine Empfindung, die gewöhnlich von einem äußeren Reiz stammt, ausnahmsweise ohne ihn aus innerer Ursache entsteht, redet man von „subjektiver Empfindung“ im engeren Sinn. Auf solche Weise entstehen Kälte, Wärme, Schmerz, Geruch, das leise Geräusch, das man in ganz stiller Nacht hört. Wir kommen später hierauf zurück.



Fig. 1. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde (nach *Ebbinghaus*).

Eine wichtige Teilung scheidet die adäquaten (normalen, spezifischen) Reize von den inadäquaten (allgemeinen). Adäquate Reize sind die jedem Sinnesgebiet spezifisch angepaßten: für das Auge die Lichtwellen, für das Ohr die Längsschwingungen der Luft, für die Haut Druck oder Wärme; für Geschmack und Geruch vermutlich die chemische Einwirkung gewisser Substanzen. Die inadäquaten oder allgemeinen Reize wirken auf alle oder mehrere Sinne; so bewirkt die Elektrizität in der Haut Tastempfindung, in der Zunge Geschmack, in dem Auge Farbenempfindung. Ähnlich wirken Druck, Wärme und chemische Reize. Die spezifischen Reize für den Tastsinn sind zugleich allgemeine Reize für andere Sinne, nur daß sie für den eigenen Sinn schon in viel geringerer Intensität wirksam sind.

2. Das Sinneszentrum.

Die Nervenerregung im äußeren Sinnesorgan, an der „Peripherie“, wie man sagt, genügt nicht für die Empfindung. Wenn man die sensorische Nervenleitung unterbricht, ruft keine Einwirkung auf das Organ mehr eine Empfindung hervor. Soll sie zustande kommen, so muß die Erregung ununterbrochen bis zum Gehirn fortgepflanzt werden. Die Endstation dieser Erregungsleitung ist nicht etwa eine einzige Stelle, ein einfacher Seelensitz, wie *Descartes, Lotze* und andere annahmen, sondern verschiedene räumlich getrennte Zentren, die „Sehsphäre“, „Hörsphäre“ usw. Wird eines dieser Zentren zerstört, so ist die betreffende Empfindung unmöglich gemacht; sie heißen deshalb Sensorien. Die Nerventätigkeit in jenem Stadium, welchem erst eine psychische Begleiterscheinung entspricht, heißt die „psychophysische Tätigkeit“, also der dem Bewußtseinszustand parallel gehende physiologische Nervenprozeß.

Über den Aufbau des Nervensystems genüge folgende Erinnerung. Das Element des Nervensystems ist das Neuron; es besteht aus einer Nervenzelle (Ganglienzelle) von höchstens $^1/_{10}$ *mm* Durchmesser, ferner verschiedenen von

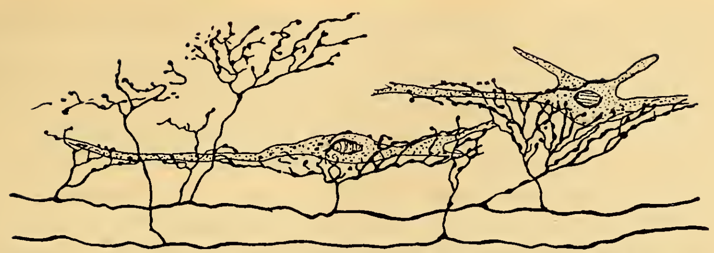


Fig. 2. Hinterstrangfasern des Rückenmarks mit Kollateralen und Endbäumchen (nach *Ramon y Cajal*).

der Zelle ausgehenden kurzen Verästelungen mit Fortsätzen, den Dendriten, und einem längeren Fortsatz (*a*), dem Achsenzylinder. Ganglienzelle und Dendriten scheinen für die Ernährung zu sorgen, der Achsenzylinder dagegen für die Weiterleitung der Nervenerregung (Fig. 1, S. 26).

Die Achsenzylinder vieler Zellen vereinigen sich zu den Nervenfasern, die den Körper durchziehen und in Rückenmark und Gehirn sich in Bündeln und Säulen zusammenschließen (Fig. 2). Übrigens ist auch der Achsenzylinder nicht die letzte Einheit, sondern besteht selbst aus viel dünneren Primitivfibrillen. Eine Nervenbahn vom Zentrum zur Peripherie besteht gewöhnlich aus mehreren hintereinander geschalteten Neuronen. Das Gehirn ist die Gesamtheit von unzähligen Ganglienzellen (der grauen Substanz) und den Nervenfortsätzen (der weißen Substanz), das Ganze gehalten durch das Gerüst der Neuroglia, welche alles wie ein Schwamm durchzieht.

Man unterscheidet zentripetale (sensorische) und zentrifugale Nerven. Die ersteren ziehen von den Sinnesorganen zum Rückenmark und durch dasselbe hinauf ins Gehirn. Sie melden gewissermaßen die Nachrichten, die sie an der Landesgrenze erhalten haben, an die zentrale Oberleitung. — Zu den zentrifugalen gehören besonders die motorischen Nerven, die die Beschlüsse der Oberleitung auszuführen haben. Sie gehen vom Gehirn aus in die Glieder hinab, wo sie die Kontraktion von Muskeln und dadurch die verschiedensten Körperbewegungen einleiten.

Was die Nervenerregung in sich ist, ist noch nicht bekannt. Jedenfalls ist es nicht ein einfacher elektrischer Strom, wofür schon die Fortpflanzungsgeschwindigkeit viel zu niedrig ist (30—90 *m* beim Menschen). Freilich zeigt sich immer ein elektrischer Strom im Gefolge der Nervenerregung, der „Aktionsstrom", die einzig bekannte objektive Begleiterscheinung der Nervenerregung.

Ein gutes Schema der Verbindungen für die sensorischen und motorischen Leitungen ist die nebenstehende Figur 3 (nach *Ziehen*).

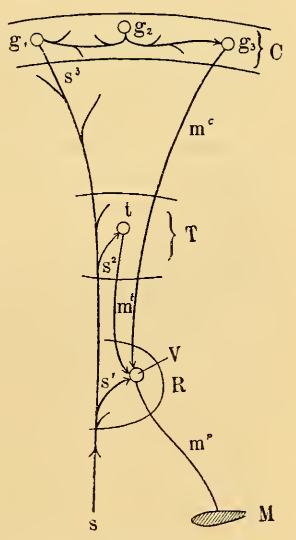


Fig. 3. Schema des Faserverlaufes im Zentralnervensystem. C Hirnrinde. T Thalamus opticus. R Rückenmark. M Muskel. s, s^1, s^2, s^3 sensible Bahnen. V Vorderhornzelle des Rückenmarks. t motorische Zelle des Thalamus. g_1, g_2, g_3 Rindenganglienzellen. m^c, m^t, m^p motorische Bahnen.

Von der Peripherie läuft die sensible Erregung im Nerven durch die „hinteren Wurzeln" in das Rückenmark (*R*), die erste Station. Schon von hier kann ein Seitenast ausgehen, der eine motorische Zelle (*V*) umspinnt, so daß von da aus die Erregung durch die motorische Bahn in den Muskel (*M*) geht und ihn zur Kontraktion bringt. Wenn das geschieht, haben wir

einen „einfachen Reflex", d. h. eine Bewegung ohne Vermittlung des Bewußtseins, wie beim Pupillenreflex.

Ein anderer Ast geht im Rückenmark weiter hinauf und trägt die Erregung in ein mittleres, „subkortikales Zentrum", z. B. die Sehhügel (*T*). Auch von da kann wieder die Erregung auf eine motorische Bahn übergehen und einen Reflex bewirken, der gewöhnlich komplizierterer Natur ist. Endlich geht eine Faser noch weiter nach oben, bis in die Großhirnrinde (*C*); hier „kommt die Erregung zum Bewußtsein", wie man zuweilen sagt, oder genauer, es schließt sich eine Empfindung an. Von dort kann etwa auf einen Willensakt hin die Erregung bis in die motorische Region der Rinde gelangen, und dann abwärts durch die sog. Pyramidenbahn zu einer motorischen Rückenmarkszelle und wieder zum Muskel. Man kann also das Nervensystem in dieser Hinsicht in drei Hauptabteilungen zerlegen: 1. Fasern, welche die Erregung zuleiten, 2. Organe für die zentrale Umschaltung der Erregungen, 3. Fasern, welche sie nach außen ableiten (*James*).

§ 3. Die Empfindung psychologisch betrachtet.

1. Die Eigenschaften der Empfindung. Die Empfindung erklärten wir als die unmittelbare sinnliche Antwort des Bewußtseins auf den äußeren Reiz mit Absehung von Zutaten des Gedächtnisses usw., wie die Empfindung einer farbigen Fläche. Zur genaueren Beschreibung müssen nunmehr ihre Eigenschaften oder unabtrennbaren Merkmale bestimmt werden. Gemeint sind damit die verschiedenen Richtungen, in denen der Empfindungsinhalt unabhängig verändert werden kann. Wenn nämlich die Veränderung in zwei Richtungen immer gleichmäßig und in ganz gleicher Größe erfolgte, könnten wir sie nicht unterscheiden. Man zählt gewöhnlich vier Eigenschaften auf: die Qualität (Art), Intensität (Stärke), die räumliche und zeitliche Eigenschaft. Die beiden letzteren (extensiven, formalen) Seiten schließen weitere Verschiedenheiten ein; so unterscheiden sich räumlich zwei Flächen nicht bloß durch Größe, sondern auch durch das mehr qualitative Merkmal der Figur; ähnlich unterscheidet sich die zeitliche Dauer von rhythmischen Verschiedenheiten, von dem Ort in der Zeitlinie usw.

Einige Psychologen verstehen das Wort Empfindung so, daß alles, was direkte sinnliche Antwort auf den Reiz ist (alles, was „nativistisch" zu erklären ist, wie wir später sagen werden) dahin gehört; sie reden dementsprechend von Ortssinn, Zeitsinn, von Breiten- und Tiefenempfindung. Die Mehrzahl beschränken dagegen das Wort auf die nichtextensiven (die sog. intensiven) Eigenschaften, reden betreffs zeitlicher und räumlicher Bestimmungen schon von Wahrnehmungen. Der Unterschied ist kein sachlicher, sondern eine Festsetzung des Sprachgebrauchs.

Der Ausdruck „Eigenschaft der Empfindung" darf nicht mißverstanden werden. Die Empfindung ist kein Atom, kein körperlicher Bewegungszustand, sondern ein psychischer Zustand mit der einzigartigen, ohne Analogie dastehenden Doppelnatur der Erkenntnis. Die Eigenschaften der Empfindung sind sämtlich vom (inneren) Objekt zu verstehen, nicht vom Akt als solchem — eine Unterscheidung, die nichts zu tun hat mit der erkenntnistheoretischen Behauptung von der wirklichen Existenz der Gegenstände; dieselben vier Eigenschaften kommen ja auch im reinen Phantasiebild vor —; nicht der Erkenntnisakt ist grün oder mittelstark oder vier-

eckig, sondern wir haben eine Empfindung des Grünen, des Ausgedehnten usw.; es erscheint mir ein mattes Licht von dieser Ausdehnung als Objekt. Auch mit der Dauer der Empfindung ist nicht die wirkliche Dauer des Aktes gemeint, sondern die erkannte Dauer des Objektes, die auch in einem momentanen Erkenntnisakt überblickt werden kann.

Neuere Forscher rechnen oft die Klarheit unter die Grundeigenschaften der Empfindung; aber diese Eigentümlichkeit ist wohl nicht eine absolute Eigenschaft der Empfindung selbst, sondern eine relative, welche auf ihrem Verhältnis zu andern beruht; wir werden sie unter dem Titel der Aufmerksamkeit wieder finden. Noch weniger berechtigt ist die von der englischen Assoziationspsychologie stammende (auch von *Ziehen* übernommene) Annahme des Gefühlstones als einer Grundeigenschaft der Empfindung, wie bei der Behandlung der Gefühle auszuführen ist.

Die Eigenschaften sind in gewisser Beziehung voneinander unabhängig, indem sie einzeln verändert werden können; ein Ton von einer bestimmten Tonhöhe kann stark oder schwach sein, lang andauernd oder kurz. Doch kann keine der Eigenschaften, die überhaupt bei der bestimmten Empfindungsklasse vorkommen, völlig zu Null werden, ohne daß die Empfindung verschwindet; ein Ton von der Intensität Null ist unmöglich, ebenso wie von der Dauer Null. Dagegen ist nicht gesagt. daß jede Empfindungsklasse alle vier Eigenschaften haben muß. Die Qualität findet sich bei allen; sie ist gewissermaßen der Träger aller übrigen; auf sie beziehen wir in der Sprache die andern Eigenschaften. Gleicherweise kommt jeder Empfindung Dauer zu. Die Intensität wird von manchen Forschern schon der Gesichtsempfindung abgesprochen, wie wir sehen werden. Sicher aber kommt die Ausdehnung vielen Empfindungen nicht zu. Im folgenden vernachlässigen wir zunächst die beiden extensiven Eigenschaften, die Räumlichkeit und Zeitlichkeit, und betrachten die Qualität und Intensität.

Die reine Intensitätsänderung wird nicht genügend dadurch definiert. daß die Empfindung auf einem kürzesten Weg dem Nullpunkt näher oder ferner rückt; denn dasselbe gilt von der Ausdehnung; sondern daß von der Empfindung die Eigenschaft der Stärke oder Schwäche, die Steigerung und Minderung ausgesagt werden kann (*Stumpf*). Um zwei Intensitäten zu vergleichen, braucht die Veränderung nicht wirklich bis zum Nullpunkt fortgesetzt zu werden; sondern die Verschiedenheit und ihre Richtung ist unmittelbar wahrzunehmen. Eine reine Qualitätsänderung ist eine solche, die die Intensität unberührt läßt, z. B. eine kontinuierlich steigende Tonhöhe von immer gleicher Intensität. Die Intensitätsgrade bilden immer ein geradliniges Kontinuum, d. h. es geht von Null in stets gleicher Richtung bis zu beliebiger Stärke. Die Qualitäten dagegen haben je nach dem Sinnesgebiet oft mehrere Dimensionen, so bei den Farben drei, wie wir sehen werden. Unsere Benennungen richten sich zunächst nach den Qualitäten, gelb, rot usw., während wir für die Verschiedenheit der Stärke nur ziemlich unbestimmte Bezeichnungen haben, die für alle Sinne gleich sind: schwach, mittelstark, stark usf. Qualitäten innerhalb desselben Sinnesgebietes zeigen gewöhnlich stetige Übergänge, sie heißen „bloß spezifisch verschieden"; zwischen verschiedenen Sinnen besteht kein Übergang, sie heißen „disparat". *Helmholtz* unterscheidet in gleichem Sinn die Verschiedenheit der Qualität und Modalität.

2. Die Sinnesempfindlichkeit. Die genauere Beschreibung der Empfindung besteht darin, daß all diese Eigenschaften nach ihren Verschiedenheiten untersucht und geordnet werden. Die Fähigkeit einer Unterscheidung nach den Verschiedenheiten der Eigenschaften hat *Fechner* die Unterschiedsempfindlichkeit genannt, die also qualitativ, in-

tensiv oder extensiv in Raum oder Zeit sein kann. Wenn jeder objektiv verschiedenen Schwingungszahl eine Verschiedenheit der bemerkten Tonhöhe entspräche, so hätten wir offenbar eine unendlich große Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen. Tatsächlich unterscheiden wir höchstens noch Zehntel einer Schwingung, nie aber Tausendstel. Also die Unterschiedsempfindlichkeit ist begrenzt; sie ist um so größer, je kleiner der Unterschied der Reize ist, die eben noch unterschieden werden können, je kleiner, wie man sagt, die Unterschiedsschwelle ist. In der folgenden Sinnespsychologie wird die Frage immer wiederkehren, wie groß die Unterschiedsschwelle der verschiedenen Eigenschaften ist.

Ein verwandter Begriff ist der der absoluten Empfindlichkeit, die selbst wieder auf alle Eigenschaften der Empfindung bezogen werden kann. So gibt es für die qualitative Tonhöhe eine Grenze nach der Höhe und Tiefe, jenseits deren ein Ton unhörbar ist.

Eine weitere Erklärung der Empfindung kann nicht gegeben werden, als daß man die physikalischen und physiologischen Reize angibt, welche für sie die notwendige und ausreichende Bedingung sind. Damit kommen wir an letzte Gesetze. Warum ein bestimmter Reiz diese Empfindung und keine andere bewirkt, läßt sich nicht weiter erklären.

§ 4. Allgemeines über die Empfindungsintensität.

A. Die Grenzintensitäten. Die Reizschwelle ist der schwächste Reiz, der eben noch bemerkbar ist. Ein sehr kleines Gewicht auf der Hand wird nicht mehr wahrgenommen. Es muß das Gewicht erst eine gewisse Größe übersteigen, damit eine Empfindung entsteht. Das ist der Schwellenwert der Reizstärke. Dasselbe gilt für jeden andern Sinn.

Diese Reizschwelle ist kein konstanter Wert, sondern hängt außerordentlich stark von allen möglichen Umständen ab; sie ist verschieden für verschiedene Individuen, für verschiedene Stellen des Sinnesorgans usw. Die Reizschwelle ist ein Maß für die intensive Empfindlichkeit des Sinnesorgans. Man schreibt dem ein feineres Gehör zu, der noch aus größerer Entfernung einen Ton hört. Je größer die Schwelle, desto stumpfer der betreffende Sinn, desto kleiner seine Empfindlichkeit; allgemein ausgedrückt: die Empfindlichkeit eines Sinnes ist der Größe der Reizschwelle umgekehrt proportional.

Um sich von der Art der Bestimmung einer Reizschwelle einen Begriff zu machen, genüge ein Beispiel nach der sog. „Grenzmethode“. Man legt etwa auf die Haut ein Gewicht, das zu schwach ist, um bemerkt zu werden. Dann verstärkt man es in aufeinander folgenden Versuchen in regelmäßigen kleinen Abstufungen, bis endlich die Empfindung bemerkt wird. Dieser Reiz wird aufgeschrieben; sagen wir beispielshalber, er sei 10 *g*. Darauf beginnt man bei einem Reiz, der sicher über dem Schwellenwert liegt, etwa bei 20 *g*, und schwächt ihn in ähnlichen kleinen Abstufungen, bis er eben unmerklich wird. Sei dieser zweite Endpunkt 14 *g*. Aus beiden Endbestimmungen, die der Sicherheit halber häufig wiederholt und in einem Mittel vereinigt werden müssen, nimmt man das Mittel und betrachtet es als den Ausdruck der Schwelle. Die Vorbedingung ist, daß es beim betreffenden Sinn einen Zustand gibt, wo jede Empfindung fehlt. Das ist schon beim Gehör schwierig, weil absolute Stille schwer zu erreichen ist; noch schwerer beim Auge, das, wie man sagt, immer

über der Schwelle ist. Die weiteren Methoden und die genaueren Regeln ihrer Handhabung und Berechnung werden wir im 4. Abschnitt kennen lernen.

Einen Begriff von der Empfindlichkeit der Sinnesorgane geben folgende Werte nach *Wundt.* Die Energie des Reizes ist dabei ausgedrückt in „Erg", d. h. der Arbeitseinheit, die in 1 Sekunde 1 *mgr* 1 *cm* hoch heben kann.

Beim Tastsinn ist an der empfindlichsten Stelle die Reizschwelle = $^1/_{10000}$,
beim Gehör für mittelhohe Töne = $^1/_{10000000}$ (*Boltzmann*),
beim Gesichtssinn im Grün = $^1/_{100000000}$ (*Langley*).

Der Begriff der Schwelle hat übrigens eine allgemeinere Bedeutung. Man spricht von einem Schwellenwert (*v. Kries*), „wo immer die von einem bestimmten Punkt ausgehende Veränderung in der Beschaffenheit des auf ein Sinnesorgan einwirkenden Reizes eine bestimmte Grenze überschreiten muß, um eine bestimmte Art von psychischem Erfolg hervorzurufen, während unterhalb jener Grenze der Erfolg überhaupt nicht eintritt". So unterscheidet man: einfache Schwelle, wo es sich um einen Reiz handelt; die besonders wichtige Unterschiedsschwelle, wenn um den Unterschied mehrerer Reize; die generelle Schwelle. z. B. ob ein Licht überhaupt sichtbar ist; spezifische Schwelle, ob ein Licht als diese Farbe erkannt wird usw.

Eine zweite Grenze ist nach *Wundt* die Reizhöhe d. h. jene Intensität des Reizes, von der an bei weiterer Steigerung die Empfindung nicht mehr zunimmt, sondern unverändert bleibt. Jenseits der Reizhöhe fällt also die Empfindung nicht aus wie jenseits der Reizschwelle, sondern sie steigt nur nicht mehr weiter an. Beweisende Experimente sind hier kaum ausführbar, weil sie das Sinnesorgan selbst schädigen würden. Deshalb ist die Tatsache der Reizhöhe nicht gesichert; es könnte ja sein, daß, solange das Organ noch richtig arbeitet, die Empfindung mit wachsendem Reiz noch immer steigt, wenn auch sehr langsam.

Die wichtigste Frage ist die nach der Abhängigkeit der Empfindungsintensität vom Reiz. Gingen die beiden einander proportional, dann wäre zu erwarten, daß die Unterschiedsschwelle bei den verschiedensten Reizstärken immer gleich groß bliebe. Wie wir in der Behandlung der einzelnen Empfindungen sehen werden, gilt das im allgemeinen nicht, sondern besteht eine andere merkwürdige Gesetzmäßigkeit. Innerhalb gewisser Grenzen wächst vielmehr die Unterschiedsschwelle selbst proportional mit der Reizstärke, ist also bei zehnfachem Reiz zehnmal so groß; oder anders gesagt, die relative Unterschiedsschwelle (d. h. die Unterschiedsschwelle dividiert durch den gerade vorkommenden Reiz) ist konstant. Diese Gesetzmäßigkeit ist das sog. Webersche Gesetz. Wir werden die Beweise dafür und ihre Grenzen erst in der folgenden Sinnespsychologie allmählich sammeln, um später (Abschnitt 4) aus allem die Summe zu ziehen.

B. Die Abhängigkeit der Empfindungsintensität von den Umständen. Zu den mehr objektiven Umständen kann man rechnen:

1. Die Erregbarkeit des Sinnesorgans, die zeitlich und örtlich verschieden sein kann. Kommt man aus dem Dunkel, so erscheint anfangs mäßig helles Licht blendend. Verschiedene Stellen der Haut haben verschiedene Druckempfindlichkeit.

2. Die Ausdehnung der Reize und die Gegenwart anderer Empfindungen. So beeinflussen sich gleichzeitige Empfindungen gegenseitig. Ein kaltes Metall scheint schwerer als ein warmes. *Urbantschitsch* fand, Farbenqualitäten, die schon nicht mehr unterschieden werden konnten, wurden es wieder, wenn gleichzeitig eine Stimmgabel tönte. Ausgebreitete Wärme erscheint nicht bloß ausgedehnter, sondern geradezu wärmer. Ähnlich bei der Kälte, dem Geruch, nicht aber bei Licht.

3. Die Reizdauer. Eine Empfindung klingt bisweilen nur langsam an; ein weißes Quadrat erscheint erst grau, erst nach $^3/_{10}$ Sekunden so hell wie normal.

Der Vorgang im Sinnesorgan tritt offenbar nicht sogleich in voller Stärke ein, sondern braucht Zeit. Bei langer Reizdauer wieder nimmt die Empfindungintensität bisweilen ab, es tritt Ermüdung ein; so bei Geruch, Gesicht, nicht dagegen bei Gehör. Der Grund des Unterschiedes liegt am Sinnesapparat. In der Netzhaut entsteht vermutlich eine chemische Wirkung, welche Substanz verbraucht und deshalb nach einiger Dauer von selbst schwächer wird. Dasselbe gilt bei den andern „chemischen Sinnen", Geschmack. Geruch; beim Gehör dagegen ist die psychologische Erregung wahrscheinlich die mechanische Schwingung eines Saitenapparates; Saiten aber ermüden nicht, deshalb „mechanische Sinne". Alle Ermüdung der Sinne beruht auf der Ermüdung der Sinnesapparate, nicht der Nerven. welche, wie es scheint, nicht ermüden.

Auch subjektive Faktoren beeinflussen die Unterschiedsempfindlichkeit (vgl. *Külpe,* Grundriß). 1. Sie ist um so größer, je größer die Aufmerksamkeit. Deshalb verlangt man für vergleichbare Versuche, daß sie mit gleicher Aufmerksamkeit, und da das nicht anders zu erreichen ist, mit größter Aufmerksamkeit angestellt werden.

2. In ähnlicher Richtung wirkt die Erwartung, die Einstellung auf die kommende Leistung durch Akkommodation des Sinnesapparates, durch Bereitstellung entsprechender Vorstellungen. Bei zu häufiger Wiederholung kann sich eine Gewöhnung ausbilden, welche die Aufmerksamkeit schwächt.

3. Entgegengesetzt wirkende Faktoren sind Übung und Ermüdung. Durch die Übung wird Wahrnehmung und Urteil immer mehr verfeinert und erleichtert. Das Gegenteil leistet die Ermüdung.

Nun zur Qualität der Empfindungen im allgemeinen.

§ 5. Der Satz von den spezifischen Sinnesenergien.

Literatur. *Weinmann,* Die Lehre von den spezifischen Sinnesenergien, 1895. — Handbuch der Physiologie von *Nagel* III 1—15. — *Norb. Brühl,* Die spezifischen Sinnesenergien nach Joh. Müller, im Lichte der Tatsachen, 1915.

1. Das „Prinzip der spezifischen Disposition der Sinnesorgane" (*Nagel*) sagt aus: Jedes Sinnesorgan ist für eine bestimmte Reizart ganz besonders disponiert, empfänglich, für andere Reize mehr oder weniger unzugänglich. Das beruht zum Teil auf der verschiedenen anatomisch begründeten Zugänglichkeit der Sinnesorgane. Der Hörnerv ist schon dadurch vor Druck, vor chemischen Reizen, vor Licht bewahrt. Aber diese Erklärung genügt nicht; so würde nicht erklärt, warum der mechanische Druck zwar nicht im Sinnesorgan auf Geschmack oder Geruch wirken kann, aber doch den Nerv in seinem weiteren Verlauf nachweislich erregt. Es muß also eine ursprüngliche verschiedene Erregbarkeit der Sinneszellen gegenüber manchen fremden Reizarten hinzugenommen werden, deren Wesen vorläufig unerklärt ist.

Diese spezifische Disposition, nach der normal bloß adäquate Reize zur Wirkung kommen, hat aber ihre Ausnahmen. Es gibt Fälle, wo auch inadäquate Reize einwirken und eine Empfindung bewirken. Die Tatsachen waren schon lange bekannt. *Aristoteles* erwähnt bereits die Lichtempfindung im Auge infolge mechanischer Reizung, *Sulzer* kennt den elektrischen Geschmack (1752), *Volta* die Wirkung der Elektrizität auf alle Sinne außer dem Geruch. Besonders *Purkinje* (1823) gibt eine ausführliche Darstellung der mechanisch, elektrisch und organisch bedingten Licht-

und Farbenerscheinungen. Eine tabellarische Übersicht über alle bekannten inadäquaten Reizungen gibt *Brühl.*

2. Die Zusammenfassung gab erst *Joh. Müller* mit seinem Gesetz von den spezifischen Sinnesenergien. Man kann es so formulieren: Jeder Sinnesnerv wird durch jeden beliebigen Reiz (der überhaupt erregt) immer nur in dieselbe ihm spezifische Erregungsart versetzt und liefert deshalb immer nur seine eigene spezifische Empfindung. Oder in Teilbehauptungen auseinandergelegt: Die gleiche Ursache ruft in verschiedenen Sinnen verschiedene Empfindungen hervor, nach der Natur jedes Sinnes; verschiedene Ursachen rufen im selben Sinn dieselbe Empfindung hervor. So wird der Sehnerv durch die verschiedensten Reize immer nur in jene Erregung versetzt, die der Lichtempfindung entspricht.

Das Gesetz ist wie schon *Lotze* bemerkte, eigentlich physiologischer Natur. Es betrifft zunächst die Beziehung zwischen dem Reiz und der folgenden Nervenerregung. Es wird nämlich allgemein angenommen, daß zur gleichen Nervenerregung immer die gleiche Empfindung gehört, daß die beiden einander eindeutig zugeordnet sind. Wenn also zu verschiedenen Reizen im selben Sinn die gleiche Empfindung kommt, so muß schon vorher immer die gleiche Nervenerregung erfolgt sein, muß also die Nervenerregung spezifisch sein. Wenn beim Wortlaut des Gesetzes von Empfindungen die Rede ist, so geschieht es deshalb, weil wir diese allein genauer kennen, dagegen die Nervenerregungen und ihre Verschiedenheiten nur aus den Empfindungen erschließen.

Einige Beweise für den Satz. Es gibt fünf verschiedene Arten des Reizes: mechanische (Druck, Schall), thermische, optische, elektrische, chemische. Der Sehnerv wird durch alle erregt, außer durch thermische; in jedem Fall reagiert er durch Lichtempfindung. Der Hörnerv wird durch alle erregt, außer durch optische und thermische; und reagiert immer durch Gehörempfindung; ähnlich bei Geschmack und Geruch. — Gewisse Fasern des Geschmacksnerven gehen von der Zunge aus hinter dem Trommelfell her, in der „chorda tympani" zum Gehirn hinauf. Reizt man bei einem zerrissenen Nervenstrang den nicht mehr mit der Zunge zusammenhängenden (zentralen) Stumpf im Ohr mechanisch, chemisch oder elektrisch, so entsteht immer eine Geschmacksempfindung. — Wie später erklärt wird, haben der Kälte- und Wärmesinn besondere Sinnesorgane. Nun fand man, daß auch sie spezifisch reagieren. Ein Kältepunkt reagiert nicht bloß auf Kältereize mit Kälteempfindung, sondern auch auf Wärmereize mit Kälteempfindung, die „paradoxe Kälteempfindung". — Über die Natur des Schmerzes wird noch gestritten. Es scheint aber die heftige Reizung der übrigen Sinnesnerven nicht Schmerz zu geben, sondern nur deren spezifische Sinnesempfindung, die nur zugleich unangenehm ist (*Nagel*). Die heftigste optische Reizung der Netzhaut, selbst wenn sie bis zur Vernichtung der Gewebe geht, bringt keinen Schmerz durch Optikusreizung. Der Blendungsschmerz beruht auf der mechanischen Reizung der sensiblen Ciliarnerven bei der heftigen Iriskontraktion; denn bei der Lähmung der Iris bleibt er aus. — Schon *Joh. Müller* verweist auf die allgemeine Gesetzmäßigkeit aller lebenden Substanz. In der anorganischen Natur teilt ein Körper seine Bewegung einem andern einfach mit. Dagegen ist beim Lebewesen der Erfolg einer Einwirkung von außen immer eigenste Tätigkeit des Lebewesens. Der Muskel zieht sich immer zusammen, gleichgültig welche Ursache auf ihn wirkt, die nur auszulösen hat. Bei Drüsen hat man ebenso immer die eigenartige Tätigkeit der Ausscheidung von Speichel usw. Dann ist aber auch bei den Nerven das gleiche zu erwarten; sie werden spezifisch reagieren; ihre Tätigkeiten sind ihr Eigentum, sind Sinnesenergien, nicht von außen hineingetragen.

Freilich dürfen auch Bedenken nicht verschwiegen werden. Nach *Nagel* scheinen manche Behauptungen über die spezifische Reaktion der Nervenstämme nicht so sicher, wie man früher meinte. Einige Forscher gingen noch weiter und versuchten alle Tatsachen zur Bestätigung des Gesetzes anders zu erklären. *Lotze* behauptete, daß der äußere inadäquate Reiz irgendwie einen adäquaten Reiz als Nebenwirkung habe, der allein den Nerven errege. So entständen bei jedem mechanischen Stoß auch Schallwellen, gerade die Elektrizität könne die verschiedensten Kräfte erregen. Ähnlich *Wundt* und andere.

Aber auch ganz abgesehen von der allgemeinen Gesetzmäßigkeit der lebenden Substanz bleiben die subjektiven Empfindungen als Beweis des Gesetzes; die Gesichts-, Gehör-, Tastempfindungen aus innerer Ursache ohne irgend welche Äthervibrationen, Luftwellen usw. Ferner bleiben sicher manche Fälle von direkter Wirkung auf den Nervenstamm, z. B. die inadäquate Reizung der chorda tympani-Fasern bei Druck; die paradoxe Kälteempfindung, wo doch schwerlich durch den Wärmereiz ein Kältereiz als Nebenprodukt bewirkt wird. Es besteht also kein Grund, in andern Fällen eine unbekannte Nebenwirkung zu fordern.

Die Bedeutung des Satzes ist sicher vielfach übertrieben worden; so schon von *Müller* selbst, der die „Gleichgültigkeit des Reizes“ derart betont, daß daraus ein absoluter Subjektivismus folgen würde. In Wirklichkeit ist von einer absoluten Gleichgültigkeit, wobei ein geordnetes Weltbild nicht mehr möglich wäre, keine Rede, sondern es handelt sich um Ausnahmen, welche fast niemals Anlaß zu wirklichen Täuschungen werden.

4. In späterer Zeit wurde eine Erweiterung des *Müller*schen Gesetzes unternommen: Nicht bloß die Verschiedenheit der Modalitäten, sondern auch die der Qualitäten innerhalb der gleichen Modalität, beruht auf einer Verschiedenheit der Nervenfasern. Oder anders: jede Nervenfaser kann nur Intensitätsverschiedenheiten einer ganz bestimmten Qualität zeigen, so daß die verschiedenen Qualitäten eines Sinnes verschiedene Nervenfasern voraussetzen. Diese Lehre wurde zuerst deutlich ausgesprochen von *Natanson* (1844); besonders aber bildete sie *Helmholtz* für das Gehör aus, wo er zuerst für jede verschiedene Tonhöhe eine eigene Nervenfaser annahm, und für das Gesicht in seiner berühmten Farbentheorie, indem er drei Faserarten forderte, die einzeln die Empfindungen rot, grün und blau gäben. *Hermann* dehnte die Theorie auf alle Sinne aus.

Was die Tatsachen angeht, hat die Lehre beim Gehörsinn am meisten Anklang gefunden. Diese Annahme, daß jede Nervenfaser auf eine bestimmte Tonhöhe „gestimmt“ sei, erklärt z. B. sehr gut den pathologischen Fall des Doppelthörens (der diplacusis binaurealis), daß nämlich bisweilen derselbe objektive Ton in zwei verschiedenen Höhen gehört wird. Man erklärt das so: Durch die Erkrankung kann die Spannung der betreffenden Membran verändert werden, z. B. die Saite, die früher auf den Ton *f* mitschwang, ist erschlafft, so daß sie nun auf den tieferen Ton *c* mitschwingt. Wird nun der objektive Ton *c* gegeben, so wird er vom normalen Ohr als *c* gehört, im kranken Ohr dagegen erregt er die frühere *f*-Saite, und da diese ein für allemal nur *f*-Empfindungen liefern kann, hören wir auf dem kranken Ohr gleichzeitig *f*.

Beim Gesichtssinn hat sich die Theorie der verschiedenen Fasern für jede Grundempfindung nicht bestätigt. Die neueren Farbentheorien nehmen in derselben Nerveneinheit verschiedene Sehsubstanzen an.

Bei Geschmack und Geruch ist der Streit noch nicht ausgetragen (vgl. *Nagel*).

Das Endresultat ist nach *Nagel:* Das *Müller*sche Gesetz besteht im großen und ganzen zurecht. Die Weiterbildung dagegen, der Versuch einer Anwendung auf die Komponentengliederung innerhalb der einzelnen Sinne ist wahrscheinlich mißlungen.

5. Über das Wesen der spezifischen Sinnesenergien.
Sicher ist es nicht, wie *Müller* meinte, eine besondere, den Sinnesnerven innewohnende Kraft, worauf der Name Energie hindeuten sollte. Dem nervösen Prozeß solche unbekannte Kräfte zuschreiben, hieße auf eine naturwissenschaftliche Erklärung verzichten. *Lotze* legt besser den Grund in die verschiedene nervöse Struktur. Es mag so sein, daß der Nerv auf alle möglichen Erschütterungsweisen nur mit quantitativ verschiedenen Vorgängen derselben Art antworten kann. Danach wäre diese Energie etwas, was in körperlichen Systemen auch sonst vorkommt.

Die Frage nach dem Sitz der Energie ist noch umstritten. *Helmholtz* sah denselben in den Zentren. Er dachte sich die Nerven als indifferente Leiter, welche überall von derselben Erregungsart durchflossen werden, vergleichbar Telegraphendrähten, durch die überall der gleiche elektrische Strom fließt, der erst in den Endapparaten je nach deren Eigenart verschiedene Wirkungen zeigt.

Dafür sprechen allerdings die rein subjektiven Phänomene, die Halluzinationen. die zeigen, daß im ausgebildeten Organismus wenigstens die Zentren für die Erklärung der spezifischen Verschiedenheit genügen.

Andere schreiben die Energie den peripheren Sinnesorganen zu, die nicht umsonst so verschieden sein werden, ja das einzige sind, dessen Verschiedenheit sicher feststeht. So *Lotze, Meynert, Wundt, Külpe.* Diese Ansicht steht übrigens nicht im Gegensatz zur *Müller*schen Lehre. Dazu käme es erst, wenn die Umwandlung in die spezifischen Erregungen schon in die vornervösen Teile verlegt würde.

Ebenso umstritten ist die Frage, ob die spezifische Reaktion angeboren oder erworben sei. *Müller* erklärt sich für das erstere; *G. H. Meyer* dagegen für die Erwerbung im Verlauf des Lebens: da die adäquaten Reize durch die Sinnesorgane bevorzugt sind, so versetzen sie den Nerven in eine Art dauernder Erregung. So kommt es, daß er später auf einen zufällig einmal auftretenden inadäquaten Reiz nur diese gewohnte Erregung leisten kann. Ebenso *Lotze, Wundt.* Für diese Ansicht fällt die Tatsache schwer ins Gewicht, daß die Funktion eine Zeitlang durch adäquate Reize unterhalten sein muß, wenn sie nach Verlust des Sinnesorganes fortbestehen soll. Deshalb fehlt den Blind- und Taubgeborenen die Farben- oder Tonempfindung, obwohl die Nervenbahnen und Zentralteile völlig ausgebildet sein können. Die Gegner antworten darauf freilich: Wenn das Sinnesorgan nicht tätig ist, degeneriert allmählich auch das Zentrum. Weitere Gegengründe bringt *Brühl.* Bedeutungsvoll ist eine Beobachtung *Lehmanns:* Ein Deuteranop (Farbenblinder) erhielt einmal infolge einer Vergiftung während 24 Stunden normalen Farbensinn, wobei er über die neue Farbe, die er nie gesehen hatte, sichtlich erregt war. Das spricht sicher für eine angeborene Leistung.

Übrigens ist es nicht richtig, daß die Annahme einer individuellen Entwicklung gegen das Prinzip der *Müller*schen Lehre verstoße. Mit Recht sagt *Stumpf:* Mögen wir diese Gewohnheiten erworben oder auf die Welt gebracht haben, jedenfalls haben jetzt die Nerven jene besondere materielle Beschaffenheit. — Eine eingehende Darlegung dieser Fragen für das Gebiet des Gehörssinnes findet sich in musterhafter Klarheit bei *Stumpf,* Tonpsychologie II 106—127.

§ 6. Die Korrespondenz zwischen Reiz und Empfindung; die Frage nach dem psychophysischen Parallelismus.

Literatur. *G. E. Müller,* Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen in ZPs 10 (1896), 1 ff.

Zwischen äußerem Reiz und Empfindung besteht sicher keine durchgängige Korrespondenz. Zur Korrespondenz wird verlangt, daß Reiz und Empfindung einen parallelen Gang einhalten; wenn die

Reize gleich oder ähnlich sind, müssen es auch die Empfindungen sein; stehen zwei Reize einander näher als zwei andere, so muß dasselbe Verhältnis auch zwischen den beiden Paaren der Empfindungen obwalten. Nimmt ein Reiz beständig zu, so muß es auch die Empfindung tun. — Das ist nun sicher nicht durchgängig der Fall. 1. Schon durch das Gesetz der spezifischen Sinnesenergien ist das ausgeschlossen; dieselbe Lichtempfindung kann ja durch die sehr verschiedenen adäquaten und inadäquaten Reize bewirkt werden. 2. Es gibt ferner eine obere und untere Grenze von Reizen (z. B. Schallschwingungen), jenseits deren keine Empfindung entsteht. Also während es in der Reizreihe in quantitativen Veränderungen weiter geht, bricht die Empfindungsreihe jäh ab. 3. Bei intensiver Steigerung des Reizes ändert sich bisweilen die Empfindung qualitativ, nicht bloß intensiv. Hinter grünem Glas erscheint eine weiße Fläche rein grün; wird die Beleuchtung der Fläche aber immer mehr gesteigert, so erscheint die Fläche schließlich nicht mehr grün, sondern weiß, d. h. die Qualität geändert. 4. Derselbe Reiz erscheint, auf verschiedenen Stellen des Sinnesorganes wahrgenommen, bisweilen verschieden; wir kommen beim Gesichtssinn darauf zurück.

Die Sache wird indessen eine andere, wenn man die letzte physiologische Erregung, welche die Empfindung begleitet, mit der Empfindung selbst vergleicht, also die psychophysische Tätigkeit und die Empfindung. Hier ist experimentell nichts Sicheres bekannt. Es bleibt also die Freiheit für die Annahme, daß diese beiden eine vollkommene Korrespondenz zeigen, und das behauptet in der Tat der von vielen vertretene psychophysische Parallelismus. Diese Hypothese der empirischen Psychologie hat nichts zu tun mit dem metaphysischen Parallelismus, welcher die Wechselwirkung zwischen Geist und Körper leugnet; auch braucht sie nicht absolut gefaßt zu werden, als entspreche jedem psychischen Vorgang ein eindeutiges physiologisches Glied. Hier ist nur die Rede von einer Arbeitshypothese, welche sich auf dem Gebiet der Empfindungen vielfach bewährt hat und deren Grenzen eben die empirische Forschung feststellen soll (*James*).

Da diese wichtige Hypothese nicht selten in Einzelfragen angerufen wird, ist es nützlich, sie einmal im allgemeinen darzulegen, um ihre Folgerungen klar zu übersehen und danach im einzelnen Fall über ihren Wert entscheiden zu können. Der Leser möge sich nicht abschrecken lassen, wenn hierbei Tatsachen und Streitfragen erwähnt werden, die erst später ihre ganze Erklärung finden können. Die folgerichtigste und scharfsinnigste Durchführung hat nach allgemeinem Urteil *G. E. Müller* gegeben, wovon hier ein kurzer Auszug geboten werden soll. Die allgemeine Behauptung des Parallelismus wird von ihm in eine Anzahl von Axiomen auseinander gelegt. Das Wort Axiom hat hierbei nicht die Bedeutung einer anerkannten Wahrheit, sondern steht selbst auf dem Boden der Hypothese.

1. Axiom: Jeder Empfindung (und dasselbe gilt von den andern Bewußtseinszuständen, soweit die Hypothese anwendbar ist; was hier und später immer zu beachten ist) liegt ein materieller Vorgang, ein sog. psychophysischer Prozeß zu Grunde, an dessen Stattfinden das Vorhandensein des Bewußtseinszustandes geknüpft ist. — Dieser psychophysische Prozeß ist jener im Gehirn sich abspielende Vorgang, der vom Bewußtseinszustand begleitet ist. Es kann auch ein bloßer Teil eines kom-

plizierteren Vorganges sein, z. B. die einen chemischen Vorgang begleitende elektrische Veränderung, für die dann allein die Axiome gelten würden.

2. Axiom: Einer Gleichheit, Ähnlichkeit, Verschiedenheit der Empfindungen entspricht eine Gleichheit, Ähnlichkeit, Verschiedenheit der psychophysischen Prozesse und umgekehrt; der größeren Ähnlichkeit der Empfindungen die größere Ähnlichkeit der Prozesse.

3. Axiom: Besitzen die Änderungen, welche eine Empfindung durchläuft, dieselbe Richtung, so gilt dasselbe auch von den Änderungen der zugehörigen psychophysischen Prozesse. Geht die Empfindungsänderung in wechselnder Richtung vor sich, so auch die Änderung des Prozesses und umgekehrt. Wenn wir z. B. Rot in Weiß überführen, indem wir immer mehr Rot wegnehmen und Weiß hinzufügen, so geht diese Änderung in immer gleicher Richtung vor sich; dagegen ist die Richtung wechselnd, wenn von Rot über Weiß nach Blau gegangen wird. (Diese Überführung einer Farbe in eine andere kann man annähernd auf dem Farbenkreisel nachahmen, indem man den einen Sektor immer mehr vergrößert, den andern verkleinert. Genauer geschieht die Überführung nur in einem Gedankenexperiment.) Geht die Empfindungsänderung in derselben Richtung vor sich, so durchläuft sie gleichzeitig eine kürzeste Reihe von Empfindungen zwischen den Endgliedern.

4. Axiom: Jeder qualitativen Änderung der Empfindung entspricht eine qualitative Änderung des Prozesses; jeder intensiven Veränderung der Empfindung eine ebensolche des Prozesses und umgekehrt. Ist die qualitative oder intensive Veränderung rein, so gilt das gleiche von derjenigen des Prozesses.

Eine reine Intensitätsänderung ist die Stärkeverschiedenheit eines Tones von gleichbleibender Tonhöhe. Eine reine Qualitätsänderung ist eine Tonhöhenänderung bei immer gleicher Stärke. Treffen beide Änderungen zusammen, so haben wir eine gemischte Änderung. Dieses Axiom entscheidet übrigens nicht, ob der betreffende Gehirnvorgang bei jedem beliebigen Intensitätswert, oder nur von einem bestimmten Schwellenwert seiner Intensität an, Empfindung mit sich führt.

Durch diese Axiome schon würde nach der Ansicht *Müllers* ein Satz in der Lichtlehre *Herings* umgestoßen. Das Grau (weiß-schwarz) soll nach diesem bloß abhängig sein von dem Verhältnis, in dem der Weißprozeß und Schwarzprozeß zueinander stehen, während es gleichgültig sei, wie stark diese Prozesse seien; also $a + b$ gebe dasselbe Resultat wie $100\,a + 100\,b$. Da gäbe es also eine Änderung der Intensität der psychophysischen Prozesse ohne Empfindungsänderung. Also müßte entweder dieser Satz oder unsere Fassung des Parallelismus verworfen werden. Freilich setzt *Hering* als Bewußtseinsbegleiter der höheren Stärke der Prozesse dann etwas anderes ein, die größere Auffälligkeit für die Aufmerksamkeit. Aber der Widerspruch gegen unser Axiom bliebe bestehen, verschiedene Intensität des Prozesses bei gleicher Intensität der Empfindung.

Wir können weiter einfache und zusammengesetzte psychophysische Prozesse unterscheiden. Ein psychophysischer Prozeß heißt einfach, wenn ihn die Psychophysik nicht in mehrere hat zerlegen können, sei es, daß er wirklich einfach ist, sei es, daß er aus Teilvorgängen besteht, welche in unserer Erfahrung niemals getrennt vorkommen, auch nicht in verschiedenen Intensitätsverhältnissen. Der Prozeß ist zusammengesezt oder ein Mischprozeß, wenn er aus mehreren Vorgängen besteht, welche auch getrennt voneinander oder wenigstens in wechselnden Intensitätsverhältnissen vorkommen. Dies vorausgesetzt, nennen wir die Empfindung, welche zu einem einfachen Prozeß gehört, eine „reine", „Grundempfindung", die zu einem zusammengesetzten Prozeß gehörige eine „Mischempfindung". Letztere kann dabei durchaus eine einfache Empfindung sein. So ist Violett eine Mischempfindung aber nicht zusammengesetzt aus Blau- und Rotempfindung, sondern ebenso einfach wie beide. Nur treten uns im Violett zwei Ähnlichkeiten entgegen.

Seien nun die beiden psychophysischen Prozesse a und b, α die reine Empfindung, welche der Prozeß a für sich hervorrufen würde, ebenso β die zu b gehörige, endlich μ die Mischempfindung, so gilt das

5. Axiom: Die Ähnlichkeit zwischen μ und α ist um so größer, je intensiver der Prozeß a im Verhältnis zu b ist; bei $a = b$ ist die Ähnlichkeit des μ zu α und β dieselbe; wenn a und b im gleichen Verhältnis geändert werden, ändert sich nur die Intensität der Mischempfindung.

In einer Formel läßt sich das ausdrücken:

$$\mathrm{A}\,\mu\,\alpha = \frac{a}{a + b},$$

wo $\mathrm{A}\mu\alpha$ die Ähnlichkeit zwischen μ und α bedeuten soll. Indessen gilt das nur für den Grenzfall, daß nicht schon zwischen α und β eine Ähnlichkeit besteht. Ist letzteres der Fall, wie etwa zwischen Gelb und Weiß, die einander ähnlich sind, so kann man nicht mehr sagen, $\mathrm{A}\mu\alpha$ beruhe bloß auf a; es gilt dann die Formel:

$$\mathrm{A}\,\mu\,\alpha = \frac{a + (\mathrm{A}\,\alpha\,\beta) \cdot b}{a + b}$$

Die Formeln beanspruchen keine mathematische Genauigkeit; sie sollen nur dienen, um die Verhältnisse in einfacher Weise besprechen zu können.

Diese Sätze erlauben schon, manche Fragen aus der Farbenempfindungslehre zu behandeln. Schon diese psychophysischen Axiome machen z. B. die *Helmholtz*sche Farbentheorie unmöglich. Danach soll etwa die Gelbempfindung durch gleichstarke Rot- und Grünerregung bewirkt sein; aber dann müßte eine Rotgrünempfindung entstehen, was, wie wir sehen werden, nicht der Fall ist.

Folgerungen aus den Axiomen: Die psychischen Qualitätenreihen sind Empfindungsreihen, in denen sich die Empfindung stetig und geradlinig ändert, z. B. die Farbenreihe von Schwarz durch Grau nach Weiß oder die Reihe der Tonhöhen. Nach den Axiomen müssen also auch die zugehörigen psychophysischen Prozesse sich geradlinig und stetig ändern. Das ist auf zwei Weisen denkbar: 1. so, daß wir zwei psychophysische Prozesse haben, deren Intensitätsverhältnis sich stetig und geradlinig ändert, z. B. die Prozesse a und b: anfangs ist nur a da, $b = 0$; dann nimmt a stetig ab, b stetig zu; am Schluß ist $a = 0$, nur b vorhanden; oder 2. so, daß ein einziger psychophysischer Prozeß stetig seine Qualität ändert, daß etwa die Schwingungszahl kontinuierlich zunimmt. Im ersten Fall ist die Reihe prinzipiell begrenzt, nämlich durch $a = 0$ und $b = 0$; im zweiten Fall ist das nicht notwendig. Wenn die Qualitätsänderung freilich ein Richtungswechsel von Schwingungen wäre, läge eine begrenzte Reihe vor.

Nun erscheinen uns auch einige Qualitätenreihen prinzipiell begrenzt, so die Reihe Weiß—Schwarz, wo notwendig am einen Ende ein reines Schwarz sein muß ohne jedes Weiß, selbst wenn wir das nie gesehen haben sollten, am andern Ende ein reines Weiß. Andere Reihen dagegen erscheinen uns prinzipiell unbegrenzt. So sieht man bei der Tonreihe nicht, warum sie aufhören müßte. In der ersten Art von Reihen erscheint uns jedes Glied vollkommen festgelegt durch die beiden Ähnlichkeiten, die es zu den Endgliedern hat. Da müssen wir also annehmen, daß die psychophysische Reihe nach dem Schema I geht: Partialprozesse mit wechselndem Verhältnis. Bei den prinzipiell unbegrenzten Reihen ist jede Empfindung etwas für sich; ihr Wesen wird nicht dadurch erschöpft, daß ich ihren Abstand von den Endempfindungen angebe; die Ähnlichkeit zu den Endempfindungen ist etwas Abgeleitetes. Auch läßt sich kein mittlerer Ton durch bloße Mischung der Erregungen für die äußersten Töne herstellen. Hier liegt deshalb das Schema II nahe. Dem genügt z. B. nicht die Theorie *Machs,* der die Prozesse der Tonhöhenreihe nach dem Schema I denkt.

Der genannte Gegensatz scheint zusammenzutreffen mit dem Gegensatz zwischen chemischen und mechanischen Sinnen. Sind die psychophysischen Vorgänge chemische Prozesse, so muß eine Qualitätenreihe nach dem Schema I gehen.

§ 7. Übergang zur Psychologie der einzelnen Sinne.

Zur genaueren Behandlung teilt man die einzelnen Empfindungen in verschiedene Gruppen, die Sinnesgebiete. Von alters her stammt die bekannte Teilung in fünf Sinne: Gesicht, Gehör, Geruch, Geschmack, Gefühl. Offenbar ist der fünfte Sinn hier den andern nicht gleichgeordnet, sondern schließt noch verschiedenartige Gruppen in sich ein. Das Einteilungsprinzip, auf dem die alte Teilung beruht, war in erster Linie wohl die Verschiedenheit der Sinnesorgane: Auge, Ohr, Nase, Zunge, Haut. Das sieht man besonders bei der Verwechslung von Geschmack und Geruch in den schmeckbaren Gerüchen (*Brühl*). Indessen ist dieses Prinzip nicht allein genügend, weil ein Sinnesorgan als solches erst dann erkannt werden kann, wenn die dort ausgelösten Empfindungen ihrer Qualität nach von allen andern genügend abgetrennt werden können. Das ideale Prinzip wäre demnach das nach einer genügenden Verschiedenheit der Qualitäten. Zu einem Sinn gehören solche Qualitäten, zwischen denen ein allmählicher Übergang besteht, wie die Farben; zu mehreren Sinnen dagegen die, bei denen ein solcher Übergang unmöglich ist. Aber dieses Prinzip liefert für sich nur bei den höheren Sinnen klare Entscheidungen. Zwischen Geruch und Geschmack ist der Mangel eines Überganges sehr wenig klar, und noch weniger bei den verschiedenen Qualitäten der Haut- und Körperempfindungen. Man geht also zu einer praktischen Abgrenzung der einzelnen Gruppen am besten so voran, daß man die verschiedenen Gesichtspunkte gleichmäßig berücksichtigt, vor allem die Verschiedenheit der Qualitäten, dann die Verschiedenheit der Sinnesorgane und die Verschiedenheit des Zweckes, den die Empfindungen erreichen helfen (*Nagel*). *Warren* teilt im Sinn mancher englischen Psychologen die Sinne in drei große Klassen, die äußeren, die Organsinne und die motorischen Sinne. Die äußeren haben den Sinnesapparat an der Oberfläche des Organismus; sie liefern Nachrichten über die Außenwelt. Die Organsinne haben ihre Sinnesapparate nahe den inneren Organen, die für Verdauung, Blutkreislauf, Atmung usw. in Frage kommen. Die motorischen Sinne liegen nahe den Bewegungsapparaten.

In der folgenden Darstellung begnügen wir uns mit einer vorläufigen Teilung. Danach behandeln wir der Reihe nach: 1. die Gesichtsempfindungen, 2. die Gehörempfindungen, 3. Geruch und Geschmack, 4. die Hautempfindungen im engeren Sinn, d. h. Druck, Wärme, Kälte und Schmerz, 5. die Bewegungs- und Lageempfindungen der Glieder gegeneinander, 6. die Empfindungen des statischen Sinnes, 7. die inneren Körper- oder Organempfindungen. Im Anschluß an diese Empfindungsklassen untersuchen wir endlich 8. die elementaren Gefühle.

Zweiter Abschnitt.

Die einzelnen Empfindungen und sonstigen Elemente.

Erstes Kapitel.

Die Gesichtsempfindungen.

Literatur. *Helmholtz,* Physiologische Optik, [2]1896. — *v. Kries,* Die Gesichtsempfindungen, in Nagels Handbuch der Physiologie III, 1904. — *Hering,* Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn, 1905—1920. — *G. E. Müller,* Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen, in ZPs 10 (1896) 1 ff. und 14 (1897) 1 ff. — *Stumpf,* Die Attribute der Gesichtsempfindungen, 1917. — *Ostwald,* Die Farbenfibel, [2]1917. — Ders., Beiträge zur Farbenlehre, 1.—5. Stück, 1917. — *Hillebrand,* E. Hering, 1918. — *W. E. Pauli* und *R. Pauli,* Physiologische Optik, 1918.

§ 1. Der Bau des Auges.

Es muß hier genügen, über Bau und Leistungen des Auges eine kurze Vorerinnerung zu geben. Ausführliches bietet die Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. Wir können unterscheiden einen dioptrischen Apparat vor der Netzhaut und diese selbst.

1. Der dioptrische Apparat. Die Fig. 4 zeigt uns einen Durchschnitt durch das Auge. Das Licht dringt zunächst durch die ganz durchsichtige Hornhaut (cornea), welche seitlich in die undurchsichtige (durchscheinende) Sehnenhaut (Sclera) übergeht. Hinter der Hornhaut folgt die wässerige Flüssigkeit der vorderen Kammer; darauf die Iris, eine Blendenvorrichtung, welche die Pupille mehr oder weniger weit öffnet; dahinter kommt die Linse, welche durch Muskeln in ihrer Wölbung verändert werden kann (die Akkommodation); dann der Glaskörper; endlich in Gestalt einer Kugelschale auf dem Grunde des Auges die empfindliche Netzhaut. Vergleicht man das Auge mit einem photographischen Apparat, so ist die Iris die Blende, die Netzhaut die lichtempfindliche Platte;

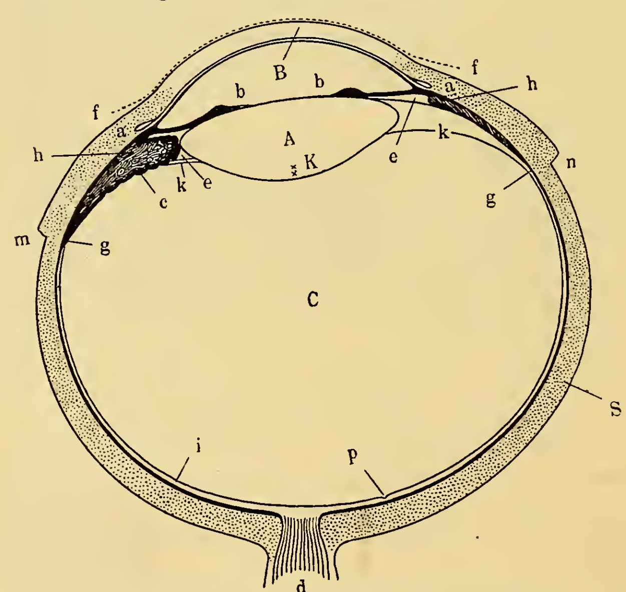


Fig. 4. Durchschnitt durch das Auge, nach *Helmholtz.*
Von den Bezeichnungen berücksichtigen wir zunächst nur: A Kristallinse. B Hornhaut. C Glaskörper. b Iris. h Ciliarkörper. g Aderhaut. i Netzhaut. d Sehnerv. p gelber Fleck.

das ganze Auge vor der Netzhaut hat den Zweck einer Linse, welche auf der Netzhaut ein Bild der Außenwelt entwirft. Wenn eine photographische Platte durch Ausziehen des Apparates auf nähere oder entferntere Gegenstände eingestellt werden kann, so wird hier dasselbe durch die Akkommodation geleistet, indem die Linse ihre Krümmung ändert und so einer stärker oder schwächer brechenden Linse gleichwertig wird. Ist das Licht zu stark, so daß es blenden würde, so tritt die „Irisblende" des Auges in Tätigkeit und zwar ganz automatisch, indem das stärkere Licht den Pupillenreflex in Tätigkeit setzt. Bei größter Öffnung dringt ungefähr 40mal so viel Licht ein wie bei geringster.

2. Die lichtempfindliche Netzhaut (retina) ist nicht eine durchaus gleichartige Schicht wie die photographische Platte, sondern besitzt einen reich gegliederten Bau aus verschiedenen Schichten, wie Figur 5 zeigt. Die der Linse zunächst liegende Schicht enthält die vom Gehirn herkommenden Sehnervenfasern mit ihren Ganglienzellen, welche sich schließlich in ihre Endbäumchen aufsplittern; daran schließen sich weiter nach hinten die bipolaren Zellen; endlich ganz nach hinten, am weitesten entfernt vom eindringenden Licht die Stäbchen und Zapfen, die eng aneinander gedrängt einen feinen Samtüberzug bilden. Etwa 500 Stäbchen oder 200 Zapfen kommen auf 1 *mm* Länge. Im ganzen zählt man in der Netzhaut etwa 120 Millionen Stäbchen und 3 Millionen Zapfen (*Ebbinghaus*). Die Außenglieder der Stäbchen und Zapfen bilden eine mosaikartige Schicht. Dieses ist die Fläche, auf welche das Bild entworfen wird.

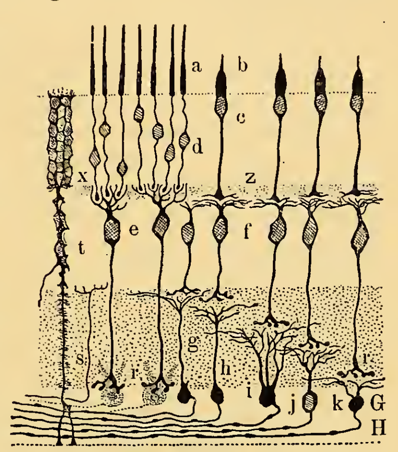


Fig. 5. Schematischer Querschnitt durch die Netzhaut nach *Ramón y Cajal* (aus *Ebbinghaus*). a und b Stäbchen und Zapfen. c und d Zapfenzellen und Stäbchenzellen. e und f bipolare Zellen. g, h, i, j, k Ganglienzellen des Sehnerven. H Sehnervenfasern. t *Müller*sche Stützfasern. s zentrifugale Nervenfasern.

Den Gang der Strahlen hat man sich folgendermaßen zu denken: sie dringen durch die glashelle Netzhautschicht hindurch bis an die Außenglieder der Stäbchen und Zapfen; dort erregen sie Netzhautprozesse; von da geht die Wirkung rückwärts in die bipolaren Zellen und Sehnerven und durch sie ins Gehirn. Da die Netzhautelemente zum großen Teil eine isolierte Leitung ins Gehirn besitzen, wird das Erregungsbild mit der Verschiedenheit und Ordnung seiner Teilchen im Gehirn wiedergegeben und bietet die materielle Grundlage für Farben- und Formenverschiedenheiten der Gesichtsempfindungen.

Besondere Beachtung auf der Netzhaut verdient der gelbe Fleck (die Makula), der seinen Namen von einem gelben Pigment hat; in seiner Mitte liegt die Netzhautgrube (fovea centralis, im folgenden oft einfach fovea genannt). Die Stelle hat ungefähr $^1/_2$ *mm* Durchmesser und enthält bloß Zapfen, die dort außerordentlich dünn sind, etwa 600 auf 1 *mm*, und einzeln mit eigenen bipolaren Zellen und Sehnervenfasern verbunden sind. Offenbar ist von der ganzen Netzhaut der gelbe Fleck auf feinste Unterscheidung angelegt und wird deshalb von uns immer auf diejenigen Objekte eingestellt, die wir genau sehen wollen. Je weiter ein Teil des Bildes vom gelben Fleck entfernt ist, desto unschärfer ist er auch. Das Gesamtbild der Netzhaut ist, wie später zu zeigen, eine Art Mosaik, indem jedes Element keine Mehrheit von Eindrücken auseinanderhält, sondern nur einer einzigen überall gleichen Erregbarkeit fähig ist, die unter besonders günstigen Umständen, wie eben in der Netzhautgrube, auch isoliert ins Gehirn weitergeleitet wird und so Anlaß zu einer unterschiedenen Empfindung bieten kann.

Eine andere merkwürdige Stelle ist der blinde Fleck: diejenige Stelle der Netzhaut, wo der Sehnerv eintritt und deshalb bloß Nervenleitungen sich finden, keine Zapfen und Stäbchen. Sie ist völlig blind. Die Mitten des blinden und des gelben Fleckes liegen etwa $3^1/_2$ *mm* auseinander. Von Dasein und Größe des Fleckes kann man sich folgendermaßen überzeugen. Man zeichne auf Papier ein Kreuz, halte den Kopf möglichst unbewegt, schließe das eine Auge und fixiere unverwandt mit dem andern das Kreuz. Fährt man dann mit einer Bleistiftspitze auf dem Papier hin und her, so bemerkt man, wie sie von Zeit zu Zeit in einem Nebel verschwindet und wieder daraus auftaucht. Der Punkt, wo sie eben auftaucht, läßt sich auf dem Papier bezeichnen. Wenn man so in verschiedenen Richtungen das Gebiet durchsucht, erhält man eine große Menge Endpunkte, die sich zu einem geschlossenen Zuge ordnen, eben der Grenze des blinden Fleckes im Gesichtsfelde. Einem guten Beobachter gelingt es selbst noch, auf der Zeichnung die Anfänge der Blutgefäße darzustellen, wie *Titchener* es an einem selbst ausgeführten Beispiel zeigt (Lehrbuch 328).

§ 2. Die psychologische Ordnung der Gesichtsempfindungen.

Ostwald bemerkt, daß das Wort Farbe in Physik, Chemie, Physiologie und Psychologie einen verschiedenen Sinn hat. Die Physik meint mit den Farben die Lichtwellen verschiedener Wellenlängen. Wo also Gefahr zu Verwechslung vorliegt, spricht man hier genauer nicht von Farben, sondern von Lichtern, Strahlungen bestimmter Wellenlänge. Ist keine Verwechslung zu fürchten, so kann es unnötig umständlich sein, den Ausdruck rotes Licht vermeiden zu wollen. Weiter nennt die Sprache die Körper farbig, die bei Tageslicht so erscheinen. Die genaue Redeweise wäre, hier von Farbstoffen, von Pigmenten zu sprechen. Die physiologischen chromatischen Prozesse machen weniger Schwierigkeit, da sie wenig bekannt sind. Die eigentlichste Bedeutung des Wortes Farbe gilt aber zweifellos der psychologischen Qualität, der Farbenempfindung, auf die man das Wort in sorgfältigem psychologischen Sprachgebrauch nach Möglichkeit einschränken wird. Um diese Farbenempfindungen zu beschreiben, müssen wir zunächst von allem absehen, was wir aus der Physik über ihre äußeren Ursachen wissen. Wir dürfen uns allein nach dem subjektiven Eindruck der Ähnlichkeit, Verschiedenheit usw. richten. Ja auch diese Einschränkung genügt nicht ganz. Für unser ausgebildetes Sehen ist nicht allein der Zustand der Netzhaut entscheidend, es wirkt auch die Erfahrung erheblich mit, selbst auf den Farbeneindruck. Ein Sonnenfleck auf dem Boden wird anders gesehen, wenn man ihn als Beleuchtung, oder als Farbe des Bodens auffaßt (*Hering* a. a. O. § 4). *Ostwald* hat dasselbe im Auge, wenn er die bezugsfreien und die bezogenen Farben unterscheidet. Nur fügt er mit Unrecht bei, bei einer allein dargebotenen (bezugsfreien) Farbe oder bei der Abschwächung des Weiß gebe es kein Grau. — Auf die wahre Bedeutung der Verarbeitung kommen wir noch zurück. Hier sprechen wir nur vom primären Farbeneindruck. Da zeigen sich die unterscheidbaren Farbentöne als ein geordnetes Reich, das sich in die beiden Klassen der neutralen und der bunten Farben teilen läßt.

1. Die neutralen Farben, „tonfreien“ Farben (*Hering*): die verschiedenen Abstufungen des Grau, vom tiefsten Schwarz durch immer helleres Grau zum blendendsten Weiß. Man kann sich eine Anschauung von ihnen verschaffen, indem man nach einem Vorschlag *Herings* (§ 9) durch das Loch eines weißen Kartonblattes ein anderes, darunter liegendes weißes Blatt betrachtet. Wenn man das obere Blatt langsam dreht, zum Fenster hin oder von ihm weg, so wird der Inhalt des Loches stetig dunkler oder heller (durch Kontrast).

Ostwald ist es gelungen, eine brauchbare Graureihe innerhalb der bei Papieren möglichen Grenzen auszuführen. Als beste Annäherung an ideales Weiß findet er einen Aufstrich von Bariumsulfat, der praktisch alles auffallende Licht zurückwirft, und mit Helligkeit 100 bezeichnet wird. Das absolute Schwarz sieht man nach ihm. indem man einen innen mit schwarzem Seidensamt ausgeschlagenen Würfel von 10 *cm* Seitenlänge in der Mitte einer Wand mit einer Öffnung von 2 *cm* Seite versieht und dadurch hineinblickt. Das ist die Helligkeit Null. Alle andern Grau werden in die Reihe eingeordnet nach dem Prozentsatz weißen Lichtes, den sie zurückwerfen. Die gewöhnlichen schwärzesten Pigmentpapiere haben dann noch die Helligkeit 3 oder mehr. Aus solchen Papieren wird nun eine Reihe gebildet mit subjektiv gleichen Abständen. Läßt man zwischen den Grenzhelligkeiten 2 und 100 das mittlere Grau auswählen. was nach einiger Übung mit auffallender Sicherheit gelingt, so findet sich, daß dieses nicht das arithmetische Mittel des zurückgeworfenen Lichtes (51 %) ist, das viel zu hell erscheint, sondern ungefähr das geometrische Mittel, 14—16 % (das genaue geometrische Mittel von 2 und 100 wäre 14,1). *Ostwald* benutzt besonders eine Grauleiter von 25 Stufen.

Die so aufgestellte, praktisch sehr brauchbare Grauleiter gibt selbstverständlich nicht entfernt alle überhaupt sichtbaren Graustufen. Das Schwarz kann durch Kontrast nicht unwesentlich vertieft, besonders aber das Weiß durch Beleuchtung und Berücksichtigung der Lichter unvergleichlich heller werden. *Ostwald* schätzt die unter gewöhnlichen Umständen unterscheidbaren Graupigmente auf rund 100; *König* berechnet von der Reizschwelle bis hinauf zur Blendung gegen 660 Stufen; dem nähert sich die Angabe *Warrens* von etwa 700.

Die neutralen Farben erinnern alle gleichzeitig an Weiß und Schwarz, sie enthalten diese beiden Ähnlichkeiten gleichzeitig, ebenso wie eine schiefe Linie eine gewisse Ähnlichkeit zu einer vertikalen und zu einer horizontalen gleichzeitig haben kann, ohne deshalb das eine oder andere wirklich zu sein. Durchgeht man in der Grau-Reihe die einzelnen Glieder vom äußersten Schwarz an, so nimmt offenbar die Ähnlichkeit mit Schwarz, die Schwärzlichkeit beständig ab, gleichzeitig die Weißlichkeit, Helligkeit beständig zu. Die Änderung geht, wie wir anderswo sagten (S. 37), in konstanter Richtung auf einem kürzesten Weg vor sich; sie enthält keine weiteren Veränderlichen als Schwarz und Weiß. Man kann deshalb die Ordnung aller Grauqualitäten durch eine gerade Linie darstellen, deren Endpunkte das reine Schwarz und das reine Weiß sind, denen *Hering* (§ 10) endliche Grenzwerte zuschreibt. Zahlenmäßig kann man jedes Grau nach seinem Abstandsverhältnis festlegen. Ist S (Schwärzlichkeit) die Entfernung vom weißen Ende, die ja im Schwarz am größten sein muß, W die Entfernung vom schwarzen Ende (Weißlichkeit, Helligkeit), so kann man dem Grau F verschiedene Verhältniswerte zuordnen, $\frac{W}{S}$ oder $\frac{S}{W}$ oder am besten $\frac{W}{S+W}$. Nach letzterem Ansatz käme dem genau in der Mitte liegenden Grau die Helligkeit $\frac{1}{2}$ zu; die Grenzwerte sind dann am schwarzen Ende 0, am weißen 1.

2. Die bunten Farben. Hier nehmen wir zunächst die bunten Farben in größter Reinheit oder Sättigung, wie man sie teilweise im Spektrum trifft. Ordnet man sie so an, daß sie stetig ineinander übergehen, so bilden sie eine geschlossene Linie; in der einen Richtung durchlaufen, führt sie

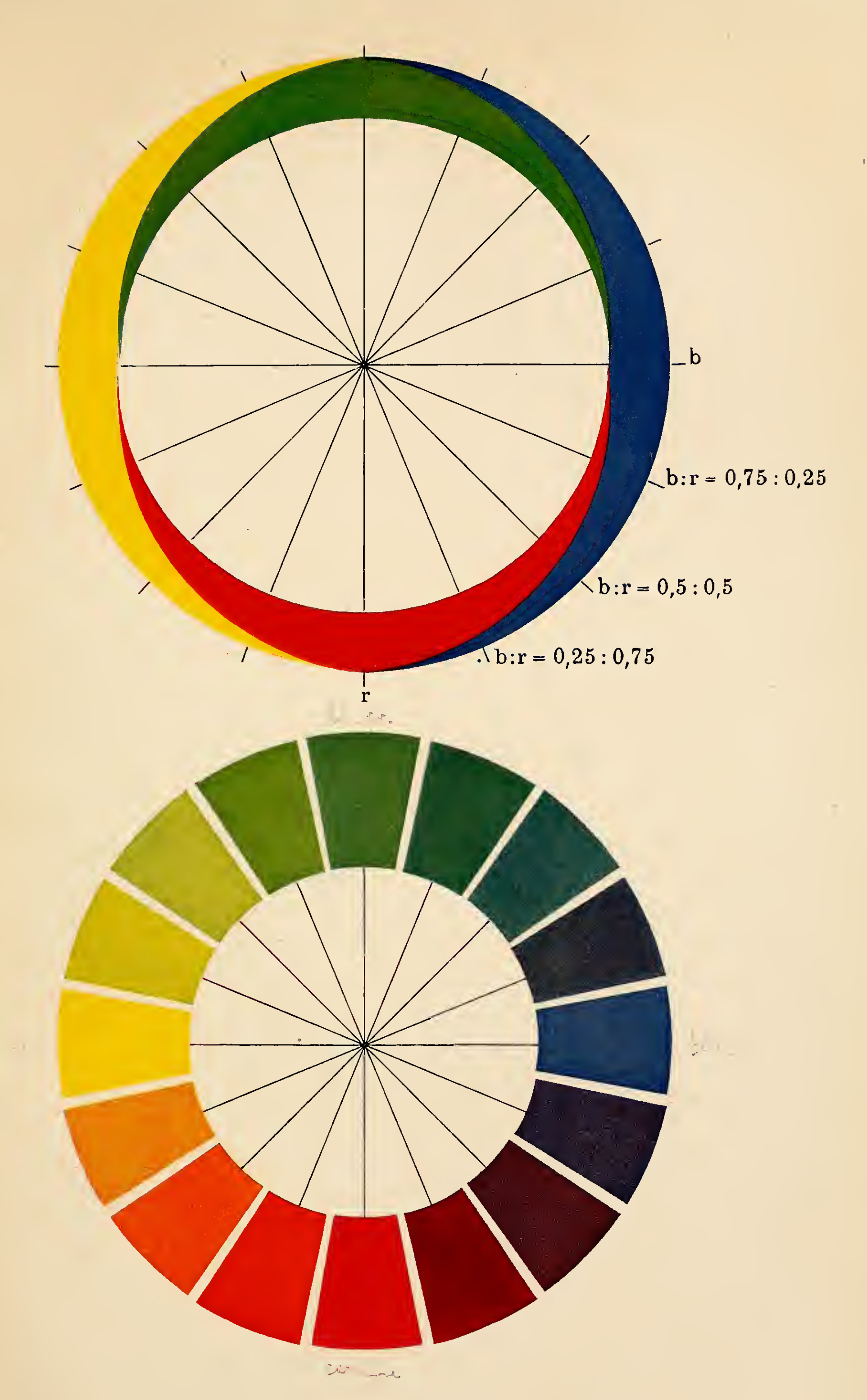
von Rot über Gelb, Grün, Blau, Violett, Purpur zu Rot zurück. Man übersieht die Ordnung der bunten Farben gut in der aus *Hering* entnommenen Abbildung, welche nur die Sättigungen weniger gut wiedergibt.

Über die Gestalt der Kurve, welche die psychologischen Ähnlichkeiten veranschaulicht, belehrt uns ein Vergleich des Farbenverlaufes, wie schon *Aubert* und *Hering,* und besonders eingehend *G. E. Müller* zeigten. Geht man von Rot aus in der Richtung nach Orange und Gelb, so kann man den Übergang darstellen durch eine Linie konstanter Richtung, d. h. eine Gerade. Denn alle Glieder dieses Stückes der Farbenreihe haben Ähnlichkeit mit Rot und Gelb, und zwar so, daß die Rötlichkeit beständig abnimmt, die Gelblichkeit beständig zunimmt. Geht man über Gelb hinaus, so ändert sich das. Die bisherige Ähnlichkeit mit Rot ist überhaupt nicht mehr vorhanden; statt dessen tritt eine neue auf, die Ähnlichkeit mit Grün. Also bei Gelb haben wir einen Richtungswechsel, einen Wendepunkt. Von Gelb bis Grün haben wir dann wieder Veränderung in konstanter Richtung, darstellbar durch eine Gerade, die sich an die Gerade Rot-Gelb in einem Winkel ansetzt. Ebenso findet man dann einen solchen Wendepunkt im Grün, im Blau und endlich im Rot, und dazwischen gerade Linien, die die Wendepunkte verbinden. Wir erhalten mithin als Darstellung der gesättigten bunten Farben eine viereckige geschlossene Linie, das Farbenviereck.

Jede Seite darin entspricht nach der Ausdrucksweise *Müllers* einer psychischen Qualitätenreihe. Die Farben in derselben Reihe unterscheiden sich nur durch das verschiedene Verhältnis beider Veränderlichen. Sie lassen sich also in derselben Weise graphisch darstellen oder berechnen wie vorher beim Grau. Die Endpunkte des Vierecks sind die „Urfarben" *Herings* (§ 12). Sie allein enthalten immer nur eine Veränderliche. In der beigefügten Farbentafel *Herings* ist die Anordnung so getroffen, daß die vier ausgezeichneten Punkte den Farbenzirkel in vier Quadranten teilen. Halbiert man ihn in zwei gegenüberliegenden Urfarben, so haben alle Farben einer Hälfte ein gemeinsames Merkmal: es gibt so eine blauhaltige Hälfte, eine gelbhaltige usw.

Etwas prinzipiell Verschiedenes ist der Farbtonkreis, in dem *Ostwald* für praktische Zwecke die wirklich hergestellten möglichst reinen bunten Pigmente ordnet. Dieser Kreis geht in 100 noch gut unterscheidbaren Stufen von Gelb, das = 0 gesetzt wird über Rot (= 25), Blau und Grün zu Gelb zurück. Sein Prinzip ist aber nicht das der psychologischen Ähnlichkeit, sondern das der Mischung. Am Ende jedes Durchmessers liegen die Farben, die einander zu Grau aufheben. Allgemein liegt jene Farbe zwischen zwei gegebenen A und B in der Mitte, die sich durch Mischung aus gleichen Teilen von A und B physikalisch herstellen läßt, gleiche Reinheit der Mischfarben vorausgesetzt. — In unserem Farbenviereck sind die Glieder nicht Pigmente, sondern unter allen irgendwann sichtbaren Farben (die leuchtenden und die kontrastverstärkten mit eingeschlossen) die idealen Punkte äußerster Sättigung.

3. Die Gesamtheit aller Farben überhaupt läßt sich dann in der Farbenpyramide vereinigen (Fig. 6, S. 45): die vertikale Achse darin ist die Schwarz-Weiß-Linie; das Farbenviereck wird so darum gelegt, daß der



Die psychologische Anordnung der bunten Farben (unten) und
die Verhältnisse der Urfarben, durch deren Mischung sie entstehen (oben).
(Nach Hering.)

Kreuzungspunkt seiner Diagonalen in der vertikalen Achse liegt und jede Farbe in derjenigen Höhe steht, die ihrer Helligkeit entspricht. Das Viereck steht also schief, das Gelb viel höher als das Blau.

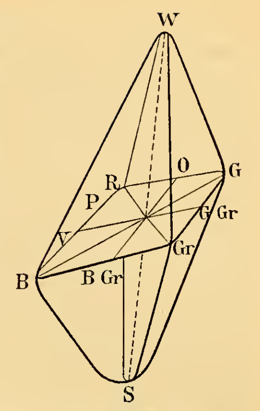


Fig. 6 Die Farbenpyramide, nach *Titchener*.

Man hat eingewendet, die Seiten des Vierecks seien keine Geraden, da Violett dunkler als Blau und Rot sei. Nach *Jones* und *Reeves* (PsR 27 [1920] 453 ff.) gilt das aber nur für das prismatische Sonnenspektrum, nicht für andere Spektra. Offenbar liegt beim Einwand eine Verwechslung der idealen Farben mit wirklich hergestellten vor.

Jede mögliche Verbindungslinie in diesem Körper muß man sich nun mit allen zwischenliegenden Farben ausgefüllt denken, so daß die Farbe jedes Punktes durch ihre Abstände von den Eckpunkten bestimmt ist. Die Längen der einzelnen Linien, die wir noch unbestimmt gelassen haben, müßten sich etwa nach der Anzahl von Farbentönen richten, die eben voneinander unterschieden werden können. Denken wir das alles in wissenschaftlich befriedigender Weise ausgeführt, so stellt dieser Körper die Gesamtheit aller denkbaren Farben nach ihren psychologischen Eigentümlichkeiten geordnet anschaulich dar.

Jede Farbe hat drei Bestimmungsstücke: Farbenton, Helligkeit und Sättigung.

1. Der Farbenton, die spezifische Qualität der bunten Farbe verändert sich stetig beim Wandern um den Farbenkörper herum. Eine vertikale Ebene, die bis zur Achse geht, enthält alle Farben gleichen Farbentons in jeder denkbaren Helligkeit und Sättigung.

2. Die Helligkeit oder Ähnlichkeit der Farbe mit Weiß. Freies Gelb erscheint stets heller als freies Blau; das Gelb ist eine an sich helle, das Blau eine dunkle Sehqualität. Die Helligkeit wird gemessen durch das Grau gleicher Helligkeit. Sie verändert sich mit der Höhe, so daß in jeder horizontalen Ebene alle Farben gleicher Helligkeit liegen.

Ostwald benutzt zur Messung von Pigmentpapieren seine Grauleiter von 25 Stufen. Legt man diese so auf das zu prüfende Blatt, daß zwischen den Graustufen jedesmal ein Zwischenraum die Farbe sehen läßt, so sieht man unmittelbar, von welchem Punkt an die Zwischenräume nach der einen Seite heller, nach der andern dunkler werden. Da man noch gut unterscheidet, ob die Farbe einem Grau gleich hell oder zwischen zweien liegt, wird die Zahl der unterscheidbaren Stufen noch verdoppelt, was sogar noch weiter gesteigert werden kann.

Die übrigen Forscher fanden bisher die Helligkeitsbestimmung sehr viel schwerer und ungenauer, so daß v. Kries sogar die Möglichkeit einer direkten Vergleichung bezweifelt; vielleicht weil sie sich nicht auf Pigmente beschränkten. Nach *Langfeld* (ZPs 53, 113 ff.) darf man bei der Vergleichung nicht auf den Farbenton achten, was Rot als die hellste Farbe ergeben würde, sondern auf das Leuchten. *R. Pauli* empfiehlt, durch eine schwarze Trennungslinie der beiden Felder den Kontrast auszuschließen; ferner auf ebenmerkliche Verschiedenheiten nach beiden Seiten einzustellen; bei schwierigeren Einstellungen (Weiß und Blau) lieber beide mit einem leichter vergleichbaren Mittelglied (Gelb) zu vergleichen.

Zur Umgehung dieser Schwierigkeiten hat man versucht, genauere und leichtere indirekte Meßmethoden einzuführen. So mißt man die Helligkeit der Farbe,

indem man sie auf die Peripherie der Netzhaut überführt, wo sie neutral erscheint. Man mißt die Pupillengröße, die sich nach der Helligkeit richtet; ähnlich die Sehschärfe; die Flimmeräquivalenz, d. h. die Schnelligkeit, bei der die Mischung auf dem Farbenkreisel eben ruhig wird. Natürlich ist da immer erst zu beweisen, daß die indirekte Methode dasselbe mißt wie die direkte; was der Fall zu sein scheint (*Hedw. Bender,* ZPs II 50, 1 ff.).

3. Die Sättigung, Freiheit oder Deutlichkeit der bunten Farbe. Sie wächst bei gleichem Farbenton und gleicher Helligkeit mit dem Abstand von der Achse, in der sie Null ist. Ob eine Farbe gesättigt ist, läßt sich kaum an ihr allein sehen, sondern nur durch Vergleich mit andern desselben Farbentons erkennt man, daß sie gesättigter ist als diese. Besonders die homogenen Farben des Spektrums zeigen einen hohen Grad von Sättigung, der aber gewöhnlich noch anwächst, wenn man daneben die komplementäre Farbe setzt. Noch schwieriger ist es, bei verschiedenen Farben zu entscheiden, welche gesättigter ist. Nach *Titchener* wären im Spektrum Rot und Blau am meisten gesättigt.

Auf Verschiedenheit der Sättigung kommt es auch hinaus, wenn *Hering* in jeder Farbe den bunten und den weiß-schwarzen Bestandteil unterscheidet und den letzteren als eine Verhüllung der Farbe (nach *Aubert* Nuancierung der Farbe) bezeichnet. Das Verhüllungsdreieck *RSW* enthält alle Verhüllungen oder Sättigungs- und Helligkeitsgrade des bestimmten Rot *R*.

Ostwald vergleicht auch die Sättigung oder Reinheit verschiedener Farben miteinander auf Grund der Mischungsgesetze. Heben sich zwei Farben gerade zu Grau auf, so gilt ihre Reinheit als gleich groß. Braucht man dagegen von der einen Farbe doppelt soviel, als von der andern, so ist die Reinheit der ersten halb so groß als die der zweiten. Als absolut rein betrachtet er das homogene Licht im Spektrum in der normalen Stärke, weil es nicht den Eindruck gewähre, daß neben ihm noch ein weißer oder grauer Bestandteil vorhanden sei, besonders in einem sonst dunklen Feld. Jede Pigmentfarbe wird durch drei Zahlen gekennzeichnet: die erste gibt den Farbenton in der zugehörigen Nummer des Farbentonkreises; die zweite den Prozentgehalt an Weiß; die dritte den an Schwarz. Da die Farbe durch ihren Gehalt an reiner Farbe, Schwarz und Weiß zusammengesetzt ist, ergibt sich durch Subtraktion des Weiß- und Schwarzgehaltes von 100 % der Gehalt an reiner Farbe von selbst. So bedeutet die Bezeichnung 06 40 38 eine gelbgraue Farbe vom Farbton 06, mit 40 % Weiß und 38 % Schwarz, folglich 22 % Sättigung.

Im einzelnen gestaltet sich diese auch theoretisch lehrreiche Messung folgendermaßen: der Farbenton, der meist nicht ganz genau im Farbtonkreis vertreten sein wird, findet sich, indem man durch Mischung diejenige Farbe bestimmt, mit der er sich zu Grau aufhebt; die gefundene Farbennummer braucht man dann nur um 50 zu erhöhen oder zu vertiefen, um den gesuchten Ton zu erhalten. Zur Bestimmung des Graubestandteiles ist das Prinzip: man führt die Prüffarbe durch das Spektrum; dann zeigt sie in der Farbe gleichen Tones das Maximum der Helligkeit, in der Gegenfarbe das Minimum. Ist die Farbe ganz rein, so wirft sie im ersten Fall alles Licht zurück, wie ideales Weiß; im letzteren Fall gar nichts. Die Abweichungen von diesen Grenzwerten messen also die Unvollkommenheit der Reinheit. Man stellt sie genau fest, indem man dasjenige Grau aufsucht, das bei dieser Beleuchtung gleich hell erscheint. Im Punkt des gleichen Farbentones ist nur der Schwarzbestandteil an der Verdunklung schuld. Ist also die Beleuchtung nicht $= 1$. sondern ein Bruch h_1, so ergibt sich als Maßzahl des Schwarzzusatzes: $s = 1 - h_1$. An der Stelle der Gegenfarbe dagegen wird nur der Weißbestand-

teil zurückgeworfen; es gilt also, im gleich erscheinenden Grau gemessen: $h_2 = w$. Da $r + w + s = 1$ gesetzt wird, ergibt sich für die reine Farbe: $r = h_1 - h_2$ (was in Prozent umzuschreiben ist).

Der praktische Wert dieser Messungen wird nicht beeinträchtigt, wenn man sich ihrer Grenzen bewußt bleibt. Es wird hier nur die Sättigung in den relativen Werten der Bestandteile gemessen und zwar bei Pigmentfarbe. Auf die Verschiebung der Sättigung mit verschiedener Beleuchtung wird nicht geachtet. Noch weniger entspricht die von *Ostwald* aus Weiß- und Schwarzbestandteil errechnete Helligkeit dem psychologischen Begriff, den wir vorher definiert haben. Er enthält ja nur die Helligkeit des nicht-bunten Anteiles, während doch die reine Farbe eine eigene Helligkeit hat, und erst die Verbindung beider die allgemein so verstandene Helligkeit der Farbe ausmacht.

Die Zahl der unterscheidbaren Farbentöne wird recht verschieden angegeben. *Jones* und *Reeves* unterscheiden (1920) im sichtbaren Spektrum 128, wozu sie etwa noch 20 außerhalb des Spektrums rechnen. *König* setzt im Spektrum 165 an; *v. Kries* nimmt im ganzen 230, *Ostwald* 500 an. Der Unterschied liegt an den Umständen der Bestimmung. Stoßen zwei Felder ohne Trennungslinie dicht aneinander, und wird die eine von der andern umschlossen, so ist noch ein Helligkeitsunterschied von 1 % oder weniger zu erkennen; während bei getrennten Objekten der Unterschied wesentlich größer ist. Für die Sättigungsreihe von reiner Farbe bis Grau rechnen *Jones* und *Reeves* 20 Stufen. Die Gesamtzahl aller unterscheidbaren Gesichtsempfindungen berechnet *Titchener* mäßig auf 35000; *v. Kries* gibt eine halbe Million an; und *Ostwald* über eine Million.

4. Gibt es bei den Farben Intensität? Nach *Helmholtz* ist die Weiß-Schwarz-Linie eine Intensitätsreihe; ebenso urteilten viele andere. Anderseits ist im Bisherigen der Begriff der Intensität noch nicht vorgekommen, alle Eigenschaften der Farben scheinen ohne sie bestimmt werden zu können. Viele Forscher verwerfen deshalb den Begriff der Intensität bei den Farben überhaupt; Intensität komme nur den äußeren Reizen zu, nicht den Empfindungen, die nur qualitativ verschieden seien. Nach *Hering* (§ 13) kann man die Farbe nicht als Größe betrachten, ebensowenig wie den Ort eines Punktes auf einer Geraden, wohl aber den Abstand zweier Punkte. Geradeso lassen sich auf der Farbenlinie Abstände schätzen. Nimmt man dann einen Abstand als Einheit, so kann man einen andern als deren Vielfaches bestimmen. Doch werden auf diese Weise nur Farbenverschiedenheiten gemessen, nicht Farbengrößen. Was *Fechner* und *Helmholtz* als Intensität bezeichnen, ist nach *Hering* nur die Weißlichkeit der Farbe.

Allgemein können wir begrifflich unterscheiden: 1. die Intensität einer Empfindung im engeren Sinne, wie sie bei Tonstärken besonders klar ist; das intensive Element, kraft dessen wir einer Empfindung nicht bloß Abstand, sondern wahre Größe zuschreiben, ein quantitatives Mehr einer bestimmten Art. Sie geht ihrem Begriff nach von Null bis zur äußersten Stärke; 2. die Helligkeit oder Ähnlichkeit mit Weiß, die begrifflich eine Qualitätsänderung ist, ähnlich wie die einem Orange zukommende Rötlichkeit oder Gelblichkeit; 3. die Eindringlichkeit der Empfindung, ihre anziehende Kraft auf die Aufmerksamkeit, die vielleicht manchmal mit der Intensität verwechselt wird. Nach *Stumpf* ist sie keine Grundeigenschaft der Farbenempfindung, sondern eine Wirkung, wie auch die Wohlgefälligkeit, die Verwendbarkeit usw.

Wenden wir diese Unterscheidung der Helligkeit und Intensität zuerst auf die Grau-Reihe an, so ist zu sagen: dieselbe ist zunächst eine wahre Qualitätenreihe, genau wie die Gelb-Rot-Reihe auch, wo jedes Glied Ähnlichkeit mit den Endgliedern hat, diese selbst positive, selbständige Empfindungen sind. Eher fragt sich, ob sie auch eine wahre Intensitätsreihe ist. Eine besondere

Schwierigkeit hat man darin gesehen, daß eine bestimmte Grauqualität ihre Intensität nicht ändern kann, ohne aufzuhören, dieses bestimmte Grau zu sein; ein mittleres Grau z. B. kann nicht schwächer oder blendend hell werden und dabei noch gleich weit von Weiß und Schwarz abstehen, sondern es nähert sich dann notwendig dem einen oder dem andern. Aber so richtig das ist, so folgt daraus nicht, daß keine Intensität vorhanden ist, sondern nur, daß jede Intensität des Weiß mit einer ganz bestimmten Intensität des Schwarz zusammengekoppelt ist und nie anders vorkommt. Die am besten der natürlichen Anschauung gerecht werdende Auslegung scheint also die zu sein: von einem mittleren Grau an nimmt nach beiden Seiten die Intensität zu, nach der einen die des Weiß bis zu blendender Stärke, nach der andern die des Schwarz bis zu einem mäßigen Grad (*G. E. Müller*). — Nach *Stumpf* ist es durchaus zu erwarten, daß das Bewußtsein auf die Verstärkung des Reizes mit einer in gleicher Weise veränderlichen Eigenschaft antwortet. Auch *Hering* gibt diese Auffassung als möglich zu. Auch in der Reihe der bunten Farben, wo immer die Teilstärke einer Urfarbe in der Gesamtempfindung zunimmt, können wir von ihrer größeren Intensität reden. Es liegt da ja wirkliche Steigerung oder Abnahme bis Null vor. Diese Intensität ist also bei den Farben nicht, wie bei andern Sinnen, von den übrigen Eigenschaften unabhängig veränderlich; sie verändert sich mit der Qualität selbst. — *Stumpf* glaubt außer dieser Teilstärke noch eine weitere Intensität annehmen zu müssen; wenn etwa das Gelb zu einem leuchtenden Gelb wird, nicht zu einem reineren oder weißlicheren, weise das auf verschiedene Stärke. Die Schwarzempfindung scheint ihm, wie schon *Donders,* zu verschwinden, lange bevor die höchsten Helligkeitsgrade erreicht sind. Die Intensitätskurve steige am Anfang und Ende erheblich, während sie bei den Reizunterschieden der Tagesbeleuchtung konstant bleibe. Indessen scheint es, daß, wenn man blendendes Weiß als reine Weißqualität auffaßt, sich alles befriedigend erklären läßt. Schwarz verschwindet dann erst in diesem Grenzpunkt. Das leuchtende Gelb scheint in größere Sättigung und damit verbundene Helligkeit auflösbar. Auch *Hildebrand* hält die Annahme einer besondern Intensität nicht für bewiesen.

5. Die Hauptfarben und Übergangsfarben.

Nach der gegebenen Ableitung gibt es also sechs ausgezeichnete Farben, die Endpunkte der Qualitätenreihen: Weiß und Schwarz, Gelb und Blau, Rot und Grün. *Aubert* nannte sie Prinzipalfarben, *Mach* Grundfarben, *Hering* Urfarben. Die andern Farben sind Übergänge zwischen ihnen; ihre Bezeichnung als Mischfarben, zusammengesetzte Farben ist weniger gut, da sie für das Bewußtsein ebenso einfach sind wie die Grundfarben; ebenso wie ein Ton mit zwei der Höhe nach benachbarten wohl Ähnlichkeit hat, aber nicht ihre Mischung ist.

Die Mehrheitslehre nahm freilich an, daß die Übergangsfarben unmittelbar als zusammengesetzt erkannt werden, wie der Akkord, die Wendepunkte dagegen als einfach. In Wirklichkeit werden die Hauptfarben als solche bloß als Wendepunkte in einer stetig durchlaufenen Farbenreihe erkannt, nicht in sich allein genommen.

Nach Versuchen von *Alspach* (Am JPs 27 [1916] 273 ff.) sahen die Beobachter in den einzelnen Farben keine Zusammensetzung wie im Akkord, oder wenn solche hineingesehen wurden, geschah das ebenso bei den Urfarben. Nie besteht hier die Unmittelbarkeit, mit der man bei Klängen genaue Angaben über sonst nie gehörte Tonhöhen (natürliche Septime usw.) machen kann. Einige wollten die Bevorzugung der sechs Farben darauf zurückführen, daß es gerade für sie einfache Bezeich-

nungen in der Sprache gebe, für andere nicht. Indessen bei unserer Ableitung spielte die Sprache keine Rolle, sondern bloß die Feststellung der Punkte, wo ein direkt wahrnehmbares Element aufhörte und ein anderes anfing. Auch fehlt es der Sprache nicht an einfachen Ausdrücken für andere Farben (Grau, Braun). *Fr. Brentano* behauptet, daß im Grün das Gelb und Blau geradeso enthalten sei, wie das Gelb und Rot im Orange, wofür er sich auf Äußerungen von Malern beruft. Aber das ist nicht beweisend. Dem Maler kommt es nicht auf eine psychologische Analyse an, sondern auf die praktische Aufgabe, die Pigmente herauszufinden, deren Mischung die gewünschte Farbe gibt; deshalb wird er bei Grün sofort an Gelb und Blau denken. Bei Nachprüfung fand *Katz,* daß dies in der Tat der Sinn jener Angabe ist, daß von Malern manchmal Gelb und Blau, manchmal auch Gelb und Schwarz im Grün „gesehen" werden. Von *Alspach* wurde die Farbenreihe der Grüntöne von Gelb bis Blau auf Gelblichkeit oder Bläulichkeit durchgeprüft. Nach *Brentano* müßten da überall Gelb und Blau zugleich gefunden werden. In Wirklichkeit verteilen sie sich auf die Hälften der Strecken; in der Mitte, heißt es, sei beides schwer zu finden, da dort das Grün überwiege. *Stumpf:* Ich finde, wie *Hering,* in Grün entweder Blau oder Gelb, aber nie beides zugleich.

§ 3. Das Verhältnis der Farbenempfindungen zu den objektiven Reizen.

1. Für die Abhängigkeit gilt im allgemeinen: Den bunten Farben entsprechen bestimmte äußere Reize, die verschiedenen Ätherwellen, und zwar hängt der Farbenton von der Wellenlänge ab, die Helligkeit von der Intensität, die Sättigung von der Reinheit der Wellen. Freilich ist dieser Zusammenhang nicht entfernt so eindeutig und allgemein wie bei den Tönen. So haben nicht alle bunten Farben ihre Ursache in einer Wellenlänge; Purpur ist nur durch eine Mischung verschiedener Wellen zu erzielen. Auch kann jede bunte Farbe, selbst wenn sie ihre eigene Wellenlänge hat, daneben durch Mischung sehr verschiedener Wellen erzeugt werden. Alle gewöhnlichen Farben sind zusammengesetzt. Man kann sich davon leicht überzeugen mit Hilfe eines Handspektroskops, das fast jedes gesehene Objekt in ein Farbenband auszieht (*Witasek*).

Bei den neutralen Farben ist die Sache sogar noch verwickelter. Dem Weiß entspricht keine einzelne Wellenlänge, außer in extremen Intensitäten; sonst ist es immer das Produkt des Zusammenwirkens verschiedener Reize. Dem Schwarz entspricht überhaupt kein direkter äußerer Reiz, weder einzeln noch mit andern gemischt; es wird entweder indirekt durch äußere Reize bewirkt oder kommt ganz auf Rechnung innerer Reize. Bisweilen sagt man, dem Schwarz entspreche die Abwesenheit jedes äußeren Reizes. Das ist ungenau. Eine berußte Fläche, durch eine innen geschwärzte Röhre betrachtet, erscheint nie schwarz, sondern grau. Ein tiefes Schwarz entsteht nur, wenn gleichzeitig andere, benachbarte Teile des Gesichtsfeldes stärker beleuchtet sind (*Hering*).

Auf diesem Ursprung der Schwarzempfindung beruht die früher öfters vertretene Ansicht, Schwarz sei keine positive Empfindung, sondern das bloße Fehlen einer Empfindung, womit die Auffassung der Weiß-Schwarz-Reihe als einer reinen Intensitätsreihe in etwa zusammenhängt; so noch neuestens *J. Ward* (BrJPs 8 [1916] 212 ff.). Heute ist der positive Empfindungscharakter des Schwarz in der Psychologie allgemein anerkannt. Einige Gründe dafür:

a) Auf einen unbefangenen Beobachter macht Schwarz genau denselben positiven Eindruck wie jede Farbe. Es wird ebenso draußen gesehen, seine Grenzen werden ebenso scharf erkannt. Sehr überzeugend ist in dieser Hinsicht der Gegensatz zum blinden Fleck, dessen Grenzen nicht direkt zu sehen, sondern erst durch Versuche zu erschließen sind. Dieser Gegensatz zeigt zugleich die Zweckmäßigkeit der Einrichtung, die uns überall dort Schwarz hinwirft und dadurch scharfe Grenzen schafft, wo der äußere Reiz zu schwach ist, eine merkliche Empfindung zu liefern.

b) Durch Krankheiten können unempfindliche Stellen des Gesichtsfeldes entstehen, die Skotome; dabei unterscheidet man positive Skotome, wo die auffallende Stelle schwarz gesehen wird, und negative Skotome, wo nichts gesehen wird, wie beim blinden Fleck. *Tschermak* weist auf manche weitere Gründe hin, die erst im Folgenden ihre Erklärung finden können, beispielsweise die Erscheinungen des simultanen und sukzessiven Kontrastes, die binokulare Farbenmischung, den binokularen Wettstreit usw., wobei immer das Schwarz eine dem Weiß ebenbürtige Rolle spielt.

Diese Ansicht wird denn auch von allen bedeutenden Forschern ausgesprochen; so schon von *Aubert, Helmholtz, Mach, Hering, Tschermak, G. E. Müller, v. Kries,* d. h. von den Hauptvertretern aller Schulen. Daß man die gegenteilige Ansicht vorbringen konnte, führt *Hering* zurück auf den „Reizirrtum“ d. h. die Vermengung der Empfindungen mit ihren physikalischen Ursachen, die die gewöhnliche Sprache so nahe legt, indem sie alle Energien der Außenwelt mit den Namen der betreffenden Sinnesqualitäten zu bezeichnen pflegt; nun ist beim Schwarz häufig kein Objekt vorhanden, z. B. in der Nacht; deshalb liegt es nahe, auch die Gegenwart der Empfindung zu leugnen.

Fig. 7. Abhängigkeit von den Wellenlängen, nach *Höfler*.

Mit demselben Recht könnte man leugnen, daß die Kälteempfindung von der Wärmeempfindung spezifisch verschieden sei, da ihre Reize nur graduell verschieden sind.

2. Die Abhängigkeit von der Wellenlänge.

Im normalen Farbenspektrum findet sich zunächst eine längere Strecke im Rot, wo nur Unterschiede der Intensität beobachtet werden, „die langwellige Endstrecke“, etwa von 762 bis 655 μμ; der Farbenton ist dort qualitativ unverändert. Von 655 μμ an nimmt dann die Gelblichkeit immer mehr zu, bis zum Urgelb, das man etwa auf 582 ansetzen kann; Urgrün liegt etwa bei 500, Urblau bei 480 μμ (Fig. 7). Ob noch eine kurzwellige Endstrecke existiert, ist nicht festgestellt, da die Fluoreszenz im Auge am Schluß des Spektrums die Beobachtung schwierig macht. Dabei ist die Schnelligkeit der Änderung der einzelnen Farben sehr ungleich; an einigen Stellen geht es sehr langsam, an andern bei kleiner Distanz sehr schnell.

Eine wirkliche Feststellung der Urfarben nach dem subjektiven Eindruck zeigte, daß zwar jeder Beobachter für sich mit ziemlicher Sicherheit und Konstanz die Wendepunkte bestimmt und festhält, dagegen verschiedene Beobachter recht erheblich voneinander abweichen, besonders in der Bestimmung von Urrot und Urgrün. *H. Westphal* sieht den Hauptgrund darin, daß das Gelb vernachlässigt werde, je nach dem Beobachter in verschiedenem Grade. Die Abweichung zeigt sich nämlich nur in den Farbenbenennungen, nicht bei der Herstellung von Farbengleichungen, wo es auf Gleichheit der Empfindungen ankommt (ZPs II 44, 182 ff.). Konstantere Werte erhält man für die ausgezeichneten Punkte erst, wenn man später zu betrachtende Zusammenhänge mitberücksichtigt, wie das periphere Sehen, die Farbenblindheiten usw.

Auch die Helligkeit ist von der Wellenlänge abhängig. Unmittelbar bemerkt man, daß Gelb viel heller ist als Blau; auch das freilich im Spektrum nicht vorkommende Urrot scheint heller als Urgrün. Das Helligkeitsmaximum liegt für den gewöhnlichen Anblick im Gelb; und das, obwohl die Energie der Wellen im Spektrum vom Rot zum Blau hin beständig und stark abnimmt.

Diese Tatsache zeigt zugleich, daß die Helligkeit einer Farbe nicht allein vom Gehalt an Weiß bedingt ist, sondern auch von dem bunten Bestandteil. Gewisse Farben sind an sich heller als andere; die vier Urempfindungen sind auch im Vergleich zueinander nicht völlig heterogen; Urfarben, die Gegenfarben sind, sind einander unähnlicher als andere. Rot und Grün sind sich ähnlicher als Gelb und Blau (*Stumpf*). Alle aber besitzen eine „spezifische Helligkeit" (*Hillebrand*).

Bei den gesättigten Pigmentfarben wird nicht bloß Licht dieses Farbentones oder eines engen Gebietes um ihn ausgesendet; sonst sähen die Farben nicht hell aus, sondern fast schwarz. Die rein gelb aussehende Farbe wirft vielmehr nach *Ostwald* regelmäßig eine ganze Hälfte des Spektrums (ein „Farbenhalb") zurück, nämlich alle zwischen den zwei Gegenfarben, die das Gelbgebiet einschließen. Ähnliches gilt für alle andern reinen Farben. Dabei sind diese Körperfarben für den Anblick sehr gesättigt, bis zu 90% nach *Ostwalds* Messung (über deren wahre Bedeutung früher die Rede war). Am wenigsten sind die grünen Farben gesättigt, bei denen der Weißzusatz stark schwächt.

3. Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Intensität der Reize.

Für die Graureihe ist die Abhängigkeit der Helligkeit von der Reizstärke schon genauer erforscht. *Ostwald* ordnet die Graupigmente nach dem Gehalte des zurückgeworfenen Lichtes in eine Reihe abnehmender Helligkeit. Stellt man aus ihnen eine Reihe von geometrisch gleichen Abstufungen heraus, so ergibt sich, wie früher gesagt, annähernd eine Reihe subjektiv gleicher Abstände; aber nur annähernd; die dunklen Stufen stehen einander zu nahe. Natürlich würde dieser Unterschied vom geometrischen Gesetz noch wesentlich größer ausfallen, wenn man über die Helligkeiten der Pigmente nach beiden Seiten hinausginge. Stellt man diese Abhängigkeit graphisch dar, und zwar so, daß als Abszissen nicht die Reizstärken selbst, sondern ihre Logarithmen genommen werden, so müßte nach dem geometrischen Gesetz die Kurve des Anstieges eine ansteigende Gerade sein. *Hering* dagegen folgert theoretisch aus der Begrenztheit der Qualitätenreihe eine S-förmige Kurve, die asymptotisch zu den Parallelen der Abszissenachse verläuft. Sie beginnt konvex und wird später konkav. Um den Wendepunkt herum kommt sie der Geraden

nahe, weshalb das geometrische (*Fechner*sche) Gesetz in mittleren Reizstärken sich bestätigt. Wir kommen darauf zurück (Abschnitt 4). Für die homogenen Farben gilt:

a) Ändert sich die Intensität innerhalb mittlerer Grenzen, so ändert sich bloß die Helligkeit der Farbe, nicht der Farbenton.

b) Wird die Intensität sehr stark gesteigert, so ändert sich auch der Farbenton: ein gewisses Rot und Grün, die unveränderlichen Farben (nach *Herings* Annahme die Urfarben), gehen direkt in Weiß über; alle andern Farbentöne dagegen nähern sich dem Gelb und Blau. Wird die Intensität noch größer, so gehen alle Farben schließlich in Weiß über.

c) Nimmt die Intensität stark ab, so verbreitern sich im Spektrum immer mehr Rot und Grün auf Kosten der andern Farben, und zwar, wie *v. Kries* feststellte, auch bei reiner Helladaptation (worüber sogleich). Zugleich ändert sich die Verteilung der Helligkeit, die blaue Hälfte wird heller auf Kosten der roten, das „*Purkinje*sche Phänomen". Das Helligkeitsmaximum, das bei gewöhnlicher Intensität im Gelb liegt (bei 580 μμ), wird immer mehr gegen Grün verschoben. Ist deshalb von zwei nebeneinander liegenden Papieren bei starker Beleuchtung das eine, rote, deutlich heller als das andere, blaue, so kehrt sich bei stark herabgesetzter Beleuchtung das Verhältnis um.

Genauere Zahlenwerte gibt *v. Kries*. In gewöhnlichem Licht ist Rot (670 μμ) etwa zehnmal so hell als Blau (480 μμ); in der Dämmerung kann es sein, daß es nur $^1/_{16}$ von letzterem ist. Zugleich blaßt das Blau stark ab. Eine wesentliche Bedingung für das *Purkinje*sche Phänomen ist übrigens, daß auch das Auge selbst verdunkelt wird; es genügt nicht, das Objekt allein zu verdunkeln (*Hering*).

d) Nimmt die Intensität noch mehr ab, so tritt ein Stadium der totalen Farbenblindheit ein. Vom ganzen Spektrum bleibt nur noch ein farbloses, weißliches Band übrig. Das Helligkeitsmaximum liegt jetzt ganz im Grün (529 μμ). Eine Folge davon ist das „farblose Intervall": eine Farbe wird bei gewisser niedrigster Helligkeit bloß als weißlich gesehen, erst bei größerer als farbig, so daß ein farbloses Intervall zwischen Lichtschwelle und Farbschwelle besteht. Nur bei Rot wird noch gestritten, ob auch da ein farbloses Intervall vorkommt, was *Hering* behauptet, *König*, *v. Kries* u. a. leugnen.

Bei Abwesenheit jedes äußeren Reizes zeigt sich das „Eigenlicht der Netzhaut", fortwährende schwächste Lichterscheinungen, die die verschiedensten Formen annehmen. Deshalb läßt sich auch die Schwelle für schwächstes weißes Licht kaum feststellen. Eine praktische Angabe ist folgende: die Erhellung von schwarzem Samt mittels einer Stearinkerze aus einer Entfernung von 8—10 *m* ist eben bemerkbar.

Danach übersieht man nun klarer den Verlauf einer bestimmten (unveränderlichen) Farbe bei wachsender Lichtstärke und seine Darstellung im Helligkeitsdreieck. *Hillebrand* (ZPs II 51 [1920] 46 ff.): Läßt man ein homogenes Licht, etwa Gelb, von Null an zu höchster Reizstärke anwachsen, so erhält man davon im Helligkeitsdreieck W G S (Fig 8) nur eine einzige Linie. Beim Nullwert liegt die Empfindung tief unten auf der Graulinie (A). Bei steigender Stärke wird sie heller und zugleich gesättigter, entfernt sich also von der Graulinie immer mehr. Die höchste Sättigung liegt bei B in einer mittleren Intensität. (Dieses in gewöhnlichem Sinn gesättigte

Gelb könnte übrigens durch Kontrast der idealen Sättigung G noch mehr angenähert werden, was zu einer andern Anstiegkurve gehören würde.) Bei noch weiterer Reizsteigerung wird die Farbe wieder heller, leuchtender, intensiver, aber allmählich auch wieder ungesättigter, bis bei sehr großer Intensität C der Farbenton ganz ausfällt. Von da an liegt die Kurve ganz auf der Graulinie. Hätte man von Anfang an dem Gelb Grau beigemischt, so erhielte man eine andere Kurve, die den Anfangspunkt A gemeinsam hätte, deren Sättigungsmaximum B′ aber weniger gesättigt wäre als B.

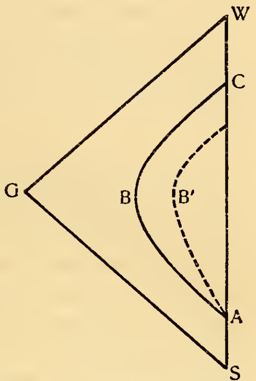


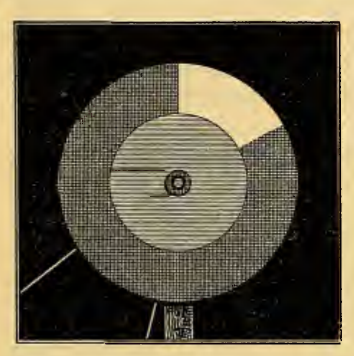
Fig. 8. Abhängigkeit des Farbentones von der Reizstärke, nach *Hillebrand*.

Manche Schwierigkeiten beruhen auf dem Vorurteil, daß man durch bloße Änderung der Lichtstärke alle Empfindungen dieses Tones müsse erzeugen können. Daher die Verlegenheit *Brückes*, wie man Braun erhalte. Man muß dafür das übrige Gesichtsfeld mit Weiß erfüllen, so daß durch Kontrast das Rot mit Schwarz verhüllt wird. Braun liegt in unserer Figur unter dem Ast AB, nicht auf der Kurve. Ebenso liegen manche besonders gesättigte, leuchtende Farben über dem Ast BC; sie besitzen zugleich große Helligkeit und Sättigung, was eine besondere Adaptation des Auges voraussetzt.

§ 4. Die Gesetze der Farbenmischung.

1. Die Methodik. Eine brauchbare Farbenmischung kommt so zustande, daß verschiedene Farben auf dieselbe Netzhautstelle wirken, entweder durch optische Hilfsmittel, oder durch schnelle Folge, oder durch so enge räumliche Nebeneinanderlagerung, daß die Verschiedenheit nicht mehr bemerkbar ist. Zur optischen Vereinigung gehört die *Lambert*sche Methode: eine Glasplatte ist so aufgestellt, daß eine hinter ihr liegende Farbe durch sie hindurch, eine andere, davorliegende durch Spiegelung am Glas wahrgenommen wird; die beiden Strahlen überdecken sich dann im Auge und liefern die gesuchte Mischung. Das Verhältnis beider Lichter läßt sich ändern, indem man den Blick mehr oder weniger schräg gegen das Glas richtet, wodurch entweder das durchgehende oder das gespiegelte Licht begünstigt wird.

Das bequemste und gewöhnlichste Verfahren ist das des Farbenkreisels. Zwei oder mehr Farbenkreise mit geschlitztem Halbmesser sind so ineinander gesteckt, daß man jedes beliebige Verhältnis erhält, indem man sie gegeneinander verschiebt. Wird diese Farbenzusammenstellung sehr schnell gedreht, so sieht man statt der verschiedenen Farben ihre Mischung als gleichmäßig ruhige Fläche. Mit dieser kann man eine ebensolche zweite Scheibe vergleichen. Noch besser vergleicht man größere und kleinere Farbenkreise, die auf derselben Scheibe aufeinander gelegt einen inneren Kreis und einen äußeren Ring bilden (Fig. 9). Die einzelnen Farben werden so lange gegeneinander verschoben, bis man Gleichheit des Kreises und Ringes erzielt hat, d. h. „eine Farbengleichung hergestellt hat“, z. B. $153^\circ R + 50^\circ B + 157^\circ Gr = 84^\circ W + 276^\circ S$ (wo R = ein bestimmtes Rot ist, B = Blau, Gr = Grün, W = Weiß, S = Schwarz).


Fig. 9. Farbenkreisel zur Herstellung von Farbengleichungen, nach *Hering*.

Man experimentiert der Bequemlichkeit halber gewöhnlich mit Pigmentfarben. Freilich ist das zum Beweise der Mischungsgesetze nicht genügend, weil die Pigmente keine homogenen Farben sind, von denen die Gesetze sprechen, sondern

Mischungen. Aber da die Gesetze unter anderem auch das beweisen, daß es bloß auf die Gleichheit des Aussehens ankommt, sind sie für weitere Versuche recht angebracht. Für genauere Messungen benutzt man wohl auch durchsichtige Gelatineblätter, welche sehr reines Licht geben.

Eine prinzipiell richtige Methode ist auch die der „Klexmalerei“: nahe nebeneinander liegende farbige Flecke oder Streifen werden aus einer solchen Entfernung beobachtet, daß sie nicht mehr getrennt werden können, sondern ineinander verschwimmen.

Die wissenschaftlich genaueste Methode verwendet den Spektralapparat, der gestattet, Spektralfarben miteinander zu mischen und dabei die Intensität und Art der verwendeten Lichter zu messen. Freilich hat diese Mischungsart die Eigenschaft, daß sie die Intensitäten der Teilglieder summiert, während der Farbenkreisel ein wirkliches Mittel beider liefert.

Warum kann man nicht einfach Pigmentpulver oder farbige Flüssigkeiten mischen? Weil so keine Summenwirkung der beiden Farben entsteht, sondern eher eine Differenzwirkung. Ein Pulver erscheint deshalb farbig, weil das eindringende Licht gewisse Strahlen durch Absorption verliert und so nur der Rest zurückgeworfen wird. Haben wir zwei farbige Pulver gemischt, so wird das auffallende Licht 1. zum Teil schon von der Oberfläche gespiegelt (weiß); 2. zum Teil nur durch je eine der Substanzen hindurch gegangen sein, dieses Licht gäbe für sich eine richtige Mischung; 3. zum Teil endlich wird es durch Teilchen der verschiedenen Pulver nacheinander gedrungen sein, und dieser Anteil verfälscht das Resultat. Nehmen wir beispielsweise ein Pulver, das nur Rot, Gelb und Grün durchläßt, und für sich allein dem Auge gelb erscheint, da sich Rot und Grün aufheben, wie wir gleich erfahren werden; ferner ein zweites Pulver, das die Strahlen Blau, Grün und Violett durchläßt, für das Auge etwa blau erscheint: so wird das Licht, das beide Pulver nacheinander durchdringt, nur noch die grünen Strahlen übrig haben. Die absorbierende Wirkung hat sich also summiert, nicht die reflektierende; daher das Grün bei manchen Mischungen von gelben und blauen Pigmenten.

Diese Farbengleichungen sind übrigens individuell etwas verschieden wegen der verschieden starken Gelbpigmentierung des gelben Fleckes. Will man diese Fehlerquelle ausschließen, so beobachtet man Gleichungen im indirekten Sehen: die „extramakulare Beobachtung“.

2. Die Farbenmischungsgesetze selbst stammen in ihren Grundzügen von *Newton*; von *Graßmann* wurden sie formuliert und von *Helmholtz* und *Hering* (Über Newtons Gesetz der Farbenmischung, 1887) eingehend geprüft und bestätigt. *Hering* bietet auch eine große Menge von genauen Beweisen.

Satz 1: Für jede Farbe existiert eine komplementäre (Ergänzungsfarbe), d. h. eine solche, welche, in bestimmtem Verhältnis mit ihr gemischt, eine neutrale Farbe ausmacht. Ist das Mischungsverhältnis der Teilglieder ein anderes als das für die Neutralisierung nötige, so bleibt der Farbenton des überwiegenden Teiles, aber mit geringerer Sättigung. (Satz der komplementären Farben.) Solche Farbenpaare sind beispielsweise ein gewisses Rot und Grün; ebenso ein gewisses Gelb und Blau.

Wenn man die Ergänzungsfarben als Abzisse und Ordinate einander zuordnet, erhält man nach *Helmholtz* eine rechtwinklige Hyperbel. *Grünberg* hat als ihre Formel gefunden: $(\lambda - 559) \cdot (498 - \lambda_1) = 424$, worin λ und λ_1 die Wellenlängen zueinandergehöriger Ergänzungsfarben (*Ostwald*). Die so gewonnenen Ergänzungsfarben sind nicht die idealen, die sich bei einem neutral gestimmmten Auge ergeben

würden; denn das Tageslicht hat einen grünlichgelben Bestandteil (nach *Dittler* und *Satake* bei 574 liegend).

Satz 2: Werden zwei nicht komplementäre Farben miteinander gemischt, so erhält man andere, die zwischen beiden Farben (auf ihrer kürzeren Verbindung) liegen, der einen um so näher, je mehr sie im Gemisch vertreten ist. Dabei ist die Sättigung im Gemisch meist um so kleiner, je weiter die Farben voneinander entfernt sind. (Satz der Mischfarben.)

Eine Folgerung daraus ist: Wählt man drei Farben so aus, daß die komplementäre von jeder zwischen den beiden andern liegt, so kann man durch geeignete Mischungsverhältnisse alle Farbentöne überhaupt herstellen. Durch Versuche fand man, daß sich am besten Rot, Grün und Blauviolett eignen, um alle andern Farben in möglichst großer Sättigung zu erhalten. Der Grund des Folgesatzes ist: je zwei der Farben sind sich näher als zwei komplementäre; die komplementäre jeder von ihnen liegt ja außerhalb ihrer Distanz; deshalb sind aus ihnen nach dem Satz 2 alle Farben zwischen ihnen zu mischen; dasselbe gilt von jedem andern Paar.

Satz 3: Gleich aussehende Farben miteinander gemischt geben gleich aussehende Mischungen. Also optische Gleichungen sind durch Addition oder Subtraktion miteinander zu verbinden. Wenn $A = B$ und $C = D$, dann ist auch $A + C = B + D$. Ein Folgesatz: Wenn $A = B$, ist auch $nA = nB$, d. h. die optische Gleichung bleibt gültig bei proportionaler Intensitätsänderung aller Lichter. Indessen ist dieser Folgesatz an die Bedingung geknüpft, daß die Intensitätsunterschiede nicht allzugroß seien. Die genaue Bedeutung dieser Einschränkung wird sich nachher herausstellen.

Eine weitere Folgerung ist die: die Farbenmischungsgesetze gelten auch für Pigmentfarben. Es kommt ja nicht auf die zusammengesetzte Natur der Farben an, sondern auf ihr Aussehen.

3. Farbenmischung und Sättigung. Schon *Hering* erwähnt die Tatsache, daß ein mittelhelles Grau durch Farbenzusatz leicht farbig wird, während man zu Weiß oder Schwarz sehr viel Farbe hinzumischen kann, ohne eine merkliche Färbung zu erhalten. *Hering* meint mit dem mittleren Grau das Augengrau bei geschlossenen und ausgeruhten Augen. Daß dieses nicht als Mitte der Graureihe erscheint, liegt daran, daß es für Schwarz keine äußeren Reize gibt, und so die Reihe dort bald abschließt. *G. Révész* (ZPs II 41, 1 ff.) fand bei einem vollständigeren Verfahren: Die Farbenschwelle wächst nicht nur proportional zur Intensität des zugesetzten Weiß, sondern ebenso zu der des Schwarz, das durch Kontrast zugemischt wurde. Zwischen beiden muß also irgendwo ein Minimum der Farbenschwelle liegen, eine höchste Farbenempfindlichkeit. Dieser Punkt, das „kritische Grau", liegt bezeichnenderweise nicht dort, wo zu der spektralen Farbe weder Weiß noch Schwarz zugesetzt wird. Eine Farbe hat ja schon in sich eine gewisse spezifische Helligkeit; diese muß erst durch einen kleinen Schwarzzusatz aufgewogen werden, durch um so mehr, je heller die Farbe schon an sich ist. Die Farbenschwelle ist auch vom Farbenton abhängig; am niedrigsten für Gelb, dann wachsend für Grün, Rot und Blau (*Aubert*). Auch dafür, daß auf hellem Feld die Farbe vermehrt werden muß, um ebenso wie vorher auszusehen, gilt dieselbe Reihenfolge der Farben (*Imre Herman*).

Eine Farbe ist ferner für ihre Intensität am meisten gesättigt, wenn die beigemischten Schwarz- und Weiß-Werte sich zum kritischen Grau ergänzen. Wird eine Farbe vom Minimum der Farbenschwelle an, intensiver gemacht, so steigt ihre Farbigkeit, aber ihre Sättigung sinkt. Fügt man dann immer mehr Schwarz hinzu, so steigt die Sättigung bis zu einem bestimmten Punkt und nimmt von da an wieder ab. Das ist der Punkt der „maximalen Farbigkeit", bei dem die Farbe die höchste Schönheit und Sättigung zeigt.

4. Die räumliche Verschmelzung der Farbenstreifen (*Wanda v. Lempicka,* ZPs II 50, 217 ff.). Die Eigentümlichkeiten dieser Verschmelzung wurden schon länger in der Mosaikkunst und im Impressionismus benutzt. Diese Mischungen erweisen sich nämlich wie die des Farbenkreises den gewöhnlichen an Reinheit und Sättigung überlegen; es fallen die Trübungen der Pigmentmischungen weg.

Für die räumliche Verschmelzung gelten, wie schon *Exner* fand, im großen dieselben Gesetze wie für die später zu besprechende zeitliche Verschmelzung beim Farbenkreisel. So gibt es eine kritische Entfernung, von der an die Verschmelzung eintritt, und ihre Bedingungen sind wieder dieselben, wie sie *Marbe* schon früher für die kritische Geschwindigkeit bei der zeitlichen Verschmelzung aufstellte. Die Streifenbreite wächst proportional der kritischen Entfernung (anders gesagt: je breiter die Streifen sind, desto weiter muß man entfernt sein, um sie eben mit andern verschmolzen zu sehen). Aber das gilt nicht genau; bei großen Entfernungen dürfen die Streifen etwas breiter sein, als der Porportionalität entspricht. Das stimmt zur Feststellung von *M. Jacobsson,* daß bei gleicher Netzhautbildgröße die kleinen nahen Figuren besser erkennbar sind als die großen fernen. Ferner ist es für die Verschmelzung günstiger, wenn die Ausdehnung der helleren Streifen breiter ist als die der dunkleren. Nimmt der Unterschied zwischen den Reizen ab, so wird auch die kritische Entfernung kleiner. Wenn der Unterschied der Intensitäten der Streifen beinahe konstant ist, so nimmt die kritische Entfernung ab, wenn die mittlere Intensität der Streifen zunimmt.

Die so festgestellte Ähnlichkeit gilt aber keineswegs in allen Dingen, was teilweise schon *Aars* beobachtete. Wenn die Streifen gleich breit waren, mußten zur Erzielung der gleichen Mischfarbe die Sektoren am Farbenkreisel ungleich gemacht werden, und zwar wuchs die nötige Differenz der Sektoren von 2° bei Rot-Gelb auf 12° bei Rot-Grün und schließlich 32° bei Rot-Blau. Es brauchte also Sektoren von 161° Rot und 199° Blau, um dieselbe Farbe zu erzielen, wie einander gleich breite Streifen desselben Rot und Blau. In den Streifen besitzt mithin die eine Farbe (am meisten Blau) eine größere Wirkung (Mächtigkeit), mit der sie sich durchsetzt. Außerdem erschien die Mischfarbe auf dem Kreisel heller und gesättigter.

Wenn man sich ferner den Streifen von der kritischen Entfernung aus immer mehr annähert, tritt eine andere auffallende Abweichung ein. In einer gewissen Entfernung nimmt dann die Helligkeitsverschiedenheit der Streifen stark zu, so daß der Eindruck wie von Schwarz und Weiß entsteht; bei weiterer Annäherung dann wieder ab. Dabei werden Blau, Rot und Orange dunkler, Gelb und Grün heller. Schon *Exner* hatte gefunden, daß bei größerer Entfernung Gruppen von Quadraten fast schwarz, andere fast weiß aussehen, obwohl sie in der Nähe wenig an Helligkeit verschieden waren. Bei tonfreien Farben besteht diese Helligkeitsverschiedenheit nicht. Wenn dann die Elemente bei Annäherung auftauchen, erscheint ein farbiger Schimmer. Es können oft die Farben schon verschmolzen sein, während die Helligkeiten noch kontrastieren. Dann erscheinen dunkle und helle Streifen mit einem Schimmer der Mischfarbe. — Die letzteren Erscheinungen sind keine Angelegenheit der Farbenmischung mehr, sondern des Kontrastes.

5. Das Farbendreieck. Dasselbe ist eine graphische Darstellung der Mischungsgesetze; es hat nichts mit der psychologischen Darstellung der Farben zu tun, wofür das Farbenviereck sich als der richtige Ausdruck herausstellte. Wenn Gelb und Blau gemischt sich aufheben, so ist das nicht aus der psychologischen Eigenart der Farben zu begreifen, sondern weist auf physiologische Prozesse hin. Das Dreieck beruht auf der Schwerpunktskonstruktion der Mechanik. Werden zwei Farben in gleichen Mengen gemischt, und denke ich mir die Farben durch die Lagenverschiedenheit zweier Punkte A und B veranschaulicht, so ist der Ort der Mischung nach dieser Konstruktion der Mittelpunkt beider, C. Werden die Farben nicht in gleichen Mengen gemischt, sondern in einem andern Verhältnis $m : n$, so liegt der Ort der Mischung D auf der Verbindungslinie AB, und zwar so, daß die Abstände sich umgekehrt verhalten wie $m : n$, also $AD : BD = n : m$, oder allgemein ausgedrückt: der Ort für das Gemisch ist der Schwerpunkt von A und B, wenn man A das Gewicht m, B das Gewicht n zuteilt. Nach diesem Prinzip stellen also die Punkte der Geraden AB alle möglichen Mischungsverhältnisse zwischen den Farben dar; in jedem Punkt denkt man sich jene Farbe liegen, welche bei einem Versuch eine wirkliche Mischung der Farben der Endpunkte im angegebenen Verhältnis liefern würde.

Für die Konstruktion ist die Wahl der drei Farben nach Qualität und Intensität willkürlich. Man wählt etwa Rot, Grün und Blau als Eckpunkte des Dreiecks und setzt sie mit den Werten an, die sie im Sonnenspektrum haben. Dann ergeben sich empirisch die auf ihren Verbindungslinien liegenden Mischfarben. Durch Verbindung beliebiger Punkte dieser Geraden bestimmt sich die ganze eingeschlossene Fläche. Die Farben des Spektrums fallen, wie man dann empirisch findet, in eine krumme Linie.

Die Tafel enthält schließlich die Gesamtheit aller bunten Farben, nicht dagegen die Verschiedenheit der Intensitäten. Auch gelten die gefundenen Mischungsverhältnisse nicht bei starker Beleuchtungsänderung. Da wird nicht bloß die Helligkeit eine andere, sondern auch die Sättigung (sehr intensives wie sehr schwaches Blau ist weißlich), ja selbst der Farbenton (§ 3). Die Betrachtung der Figur 10 zeigt anschaulich die Mischungsverhältnisse. Die Spektralkurve selbst zeigt sich am Anfang (von 800 bis 540 μμ etwa) gerade; die langwellige Endstrecke, die ja überall dieselbe Qualität hat, bildet nur einen Punkt darin. In der Gegend des Grün krümmt sich die Kurve stark und läuft schließlich mit schwacher Krümmung gegen Violett. Man sieht auch leicht, daß das Mischlicht immer blasser werden muß (immer näher an Weiß herankommend), je weiter die erzeugenden Farben voneinander entfernt sind. Zu jeder Farbe läßt sich leicht die komplementäre aufsuchen, indem man die Farbe mit Weiß verbindet und weiter verlängert usw.

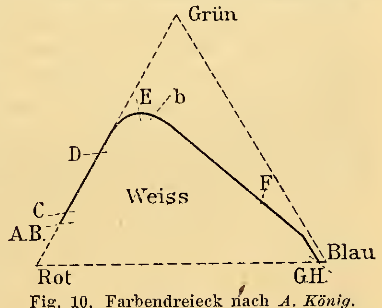


Fig. 10. Farbendreieck nach *A. König*.

§ 5. Die Dunkeladaptation; der Stäbchenapparat.

1. Die Adaptation im allgemeinen. Kommt man vom Hellen ins Dunkle, so sieht man anfangs gar nichts; aber in kurzer Zeit gewöhnt

man sich an das Dunkel und fängt an, schwaches Licht zu unterscheiden. Die Schwellenwerte nehmen beständig ab, die Empfindlichkeit also zu. Die Zunahme ist anfangs nur langsam, nach etwa 10 Minuten sehr schnell, dann allmählich wieder langsamer, so daß man ihren Wert nach 20 Minuten als ziemlich konstant bezeichnen kann. Dabei ist die Steigerung der Empfindlichkeit außerordentlich; nach *Piper* kann sie bis aufs 8000fache ansteigen, und selbst wenn man nur die nach den ersten 3 Minuten erfolgende Steigerung in Anschlag bringt, ist es noch eine Steigerung um mehr als das 1000fache. Das ist die Dunkeladaptation, das Dämmerungssehen.

Der Gegensatz dazu tritt ein, wenn man wieder ins Helle kommt. Da ist man anfangs geblendet, so daß man keine äußeren Objekte unterscheiden kann. Aber die Gewöhnung stellt sich hier sehr schnell ein, die Helladaptation scheint in wenigen Sekunden erreicht.

Nach *Lehmann* (Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände, Bd 3) ist die Helladaptation nicht zu messen durch die Zeit, in der bei konstantem Reiz die Empfindung ihr erstes Maximum erreicht. Sonst ergäbe sich das paradoxe Resultat, daß die Helladaptation für einen stärkeren Reiz eher erreicht würde, als für einen schwächeren. Die Helladaptation liegt vielmehr darin, daß die Netzhaut dem Reiz so angepaßt ist, daß nun eine annähernd konstante Empfindung eintritt, solange der Reiz konstant bleibt. Das ist nach seinen Beobachtungen annähernd erst nach 1—3 Sekunden der Fall, und zwar später, wenn der Reiz stärker ist. Wenn ein konstanter Reiz wirkt, steigt anfangs die Empfindung proportional mit der Zeit; bald wird der Anstieg langsamer und erreicht schließlich sein Maximum. *Lehmann* vermutet, die Spaltungsprodukte würden immer weniger lichtdurchlässig, was leicht erklären würde, daß bei stärkerem Reiz das Maximum eher erreicht wird. Vom Maximum an sinkt die Empfindung, bei stärkerem Reiz sehr stark, so daß es dort zu einem vorübergehenden Minimum kommt, nach dem die Kurve abermals steigt. Vermutlich ist inzwischen das Hindernis beseitigt worden, etwa durch vermehrte Blutzufuhr. Es stellt sich dann ein Gleichgewicht zwischen Stoffzufuhr und -verbrauch her, so daß von nun an die Empfindung ganz langsam sinkt.

Dem hell adaptierten Auge kommt ein sehr großer Reizumfang zu. Nach *Katz* kann ein Stückchen Tuchschwarz durch Verdunklungen noch vom absoluten Schwarz unterschieden werden, wenn seine Helligkeit nur $^1/_{10800}$ derjenigen des gewöhnlich beleuchteten weißen Papiers ist, und die Helligkeit des genannten Papiers kann in direkter Sonnenbeleuchtung noch um das 60—100fache zunehmen. So groß sind allein schon die Unterschiede von beleuchteten matten Objekten.

Der Zusammenhang der Pupillenweite mit der Adaptation: Bei Lichtabschluß tritt nach einiger Latenzzeit eine anfangs rasche, später langsame Pupillenerweiterung ein (*Garten*). Nach *Sachs* gehen die Pupillengrößen („die pupillomotorischen Valenzen") mit der Helligkeit parallel; gleich hell erscheinende Farben sind auch motorisch äquivalent. Deshalb läßt sich diese Methode benutzen, um Helligkeiten miteinander dort zu vergleichen, wo die direkte Vergleichung schwer ist (bei verschiedenen Farben) oder unmöglich, wie bei Tieren.

A. Lehmann berechnet aus eigenen Messungen für die Pupillenweite D in Abhängigkeit von der Reizstärke R die Formel: $D = K \cdot R^{-0,1}$ (wo K eine Konstante, und die Akkommodation des Auges konstant ist).

2. Die Dunkeladaptation im besondern. Es war schon davon die Rede, daß im Dunkeln alle Farben verschwinden und nur noch Weiß

gesehen wird; ebenso vom *Purkinje*schen Phänomen, von der Verschiebung des Helligkeitsmaximums vom Gelb nach dem Grün. Aus letzterem folgt. daß „tagesgleiche Lichter" in der Dämmerung ungleich werden können: die früher angedeutete Ausnahme vom 3. Mischungssatz. Viel stärker zeigt sich das bei den Dichromaten (einer Art von Farbenblinden). Grüngelb hatte da sogar einen 100mal größeren Dämmerungswert als das tagesgleich erscheinende Rot.

Genauer läßt sich das dritte Mischungsgesetz fassen: Bei reiner Helladaptation (wie sie im gelben Fleck immer besteht) bleiben die optischen Gleichungen für alle Lichtstärken streng gültig; ebenso innerhalb der reinen Dunkeladaptation. Dagegen werden sie ungültig, wenn man Zustände der Hell- und Dunkeladaptation untereinander vergleicht; oder in einem Gebiet, wo beide zusammenwirken. Eine ähnliche Abhängigkeit von der Helligkeit beobachtet auch die Pupillengröße. Gleich hell erscheinende Farben sind auch pupillomotorisch äquivalent, sowohl für das Hellauge wie für das Dunkelauge. Nur gelten die motorischen und optischen Gleichungen gleich wenig beim Übergang in eine andere Adaptation.

Das Dämmerungssehen ist in vielen Beziehungen minderwertig. Während das hell adaptierte Auge die bunten Farben bei allen Beleuchtungen gut wiedererkennt, selbst bei der Schwelle, täuscht uns das Dunkelauge in Bezug auf Farbenton, Sättigung und Helligkeit der Oberflächenfarben. Es kann selbst über die Helligkeit eines Grau täuschen, da dasselbe mit dem Grad der Dunkeladaptation sich stark ändert. Nach *Bloom* und *Garten* ist die Sehschärfe des hell adaptierten Auges der des dunkel adaptierten auch dann noch überlegen, wenn letzteres durch die Helligkeit nicht geblendet wird.

3. Die Duplizitätstheorie. Die genannten Tatsachen führten dazu, im Auge einen doppelten Sehapparat anzunehmen, den Hellapparat, dessen Organ die Zapfen sind, für die Wahrnehmung bei Tageslicht, und den Dämmerungsapparat, dessen Organ die Stäbchen sind, für Wahrnehmung bei sehr schwachem Licht. Der Hellapparat nimmt alle Farben wahr, der Dämmerungsapparat nur die Reihe Schwarz bis Weiß. An der Ausbildung der Theorie waren verschiedene Forscher beteiligt. Schon *M. Schultze* stellte (1866) die Vermutung auf, daß die Stäbchen für das Sehen in schwachem Licht dienten und keine Farbenunterschiede lieferten. Klar durchgeführt und besser bewiesen wurde sie erst durch *Parinaud* und später durch *v. Kries*. Die Theorie fand großen Anklang, wenn sie auch noch nicht in allen Punkten befriedigt (vgl. *Tschermak*, in Ergebnisse der Physiologie, 1. Jahrgang, 2. Abteilung, S. 695 ff.; *v. Kries* a. a. O. 186; *Müller*, ZPs 14, 161).

Einige Tatsachen zur Bestätigung: 1. Nur in den Stäbchen findet sich der Sehpurpur, eine im Licht zersetzliche Substanz, deren Zersetzung und Bildung dem Dämmerungssehen ganz parallel geht. Wie *Trendelenburg* zeigte, gehen die Bleichungswerte der Substanz den Dämmerungswerten parallel. Ebenso geht die Empfindlichkeitssteigerung im Dunkeln seiner Bildung parallel. Das legt den Schluß nahe: die Stäbchen verdanken ihre Fähigkeit dem Sehpurpur. Seine große Zersetzlichkeit ist der Grund, daß wir schon sehr kleine Helligkeit wahrnehmen können.

2. Diese Theorie erklärt den ganzen Vorgang der Adaptation auf eine leichte Weise. Kommt man ins Dunkle, so besitzt der Dämmerungsapparat anfangs sehr wenig Sehpurpur, der bei Tageslicht sich nicht halten kann; deshalb sehen wir zunächst fast nichts. Nun bildet sich der Sehpurpur neu; je mehr die Bildung voranschreitet, desto größer wird die Empfindlichkeit, desto schwächere Helligkeit nimmt man wahr. Geht man später wieder in Tageshelligkeit, so wird im ersten Augenblick der Sehpurpur massenhaft zersetzt. Das gibt eine intensive Weißempfindung über das Gesichtsfeld hin, man wird „geblendet". Indem der Sehpurpur schnell aufgebraucht ist, weicht die Blendung, und man sieht nun mit dem Zapfenapparat.

Weil der Sehpurpur sehr viel schneller gebleicht als neugebildet wird, darum zieht sich die Dunkeladaptation so lange hin, während die Helladaptation schnell erreicht ist. Übrigens soll nach *Nagel* die völlige Ausschaltung des Dämmerapparates sehr schwierig sein: er verlangt dafür im Sommer einen $^1/_4$ stündigen Aufenthalt auf sonnenbeschienenem Platz.

3. Bei manchen Menschen ist der Stäbchenapparat sehr wenig entwickelt, sie sind nachtblind (hemeralop), weshalb sie sich in der Dämmerung nur schwer zurechtfinden. Es kommt auch Nachtblindheit als vorübergehender Zustand vor, in den Tropen durch die Sonne, in Schneegegenden usw. Ähnlich wurde der Gegensatz zwischen Nachttieren, deren Stäbchenapparat ganz besonders entwickelt sei, und den Tieren ohne Sehpurpur, wie den Hühnern, betont. Aber die Ergebnisse der Versuche stimmen vielfach nicht genügend mit der Theorie.

4. Es gibt eine totale Farbenblindheit, welche sich völlig erklärt durch die Annahme, daß der Zapfenapparat nicht mehr arbeitet. Die Reizwerte der Farben sind dort wie die Dämmerungswerte, das Helligkeitsmaximum liegt im Grün. Die Helligkeitsverhältnisse sind unabhängig vom Grade der Adaptation. Auch steht ihre Unterscheidungsfähigkeit weit hinter der normalen zurück ($^1/_4$ bis $^1/_{10}$), ebenso die Empfindlichkeit für zeitliche Schwankungen, genau wie die der Normalen bei Dunkeladaptation.

Die Dunkeladaptation ist unabhängig von Farbenblindheit, die ja den farbentüchtigen Zapfenapparat angeht.

5. Bei Dunkeladaptation findet Summierung der Eindrücke beider Augen statt, bei Helladaptation nicht (*Piper*). Im Dunkeln bekommt man so einen tieferen Schwellenwert, wenn man mit zwei Augen, als wenn man mit einem betrachtet. Das ist zweckmäßig, da so die Empfindlichkeit im Dunkeln gesteigert werden kann.

6. Im gelben Fleck gibt es keine Stäbchen und darum kein Dämmerungssehen. Betrachtet man bei schwacher Beleuchtung mehrere glänzende Punkte nebeneinander, so sieht man immer denjenigen nicht, den man fixiert; sein Bild fällt eben auf den unempfindlich gewordenen gelben Fleck. Da ferner das *Purkinje*sche Phänomen durch die Verschiedenheit der beiden Apparate erklärt wird, die in verschiedenem Verhältnis zusammenarbeiten, muß es also im Netzhautzentrum fehlen, was durch manche Versuche bestätigt ist.

§ 6. Lokale Verschiedenheiten der Farbenempfindungen.

Es ist sehr zweckmäßig, daß unser Sehen nicht auf die Netzhautgrube beschränkt ist. So erhalten wir ein Bild von dem Raum, in dem sich das direkt fixierte Bild befindet. Was das bedeutet, wird einem klar, sobald man mit einem Auge durch ein enges Rohr sieht und sich so im Raum zurechtfinden will.

Die Ausdehnung des Gesichtsfeldes wird durch das Perimeter gemessen. Eine schematische Darstellung desselben nach *Titchener* (S. 81) gibt Fig. 11. Es ist das ein in Grade geteilter Halbkreis, an welchem eine Lichtquelle hin und her bewegt werden kann. Das beobachtende Auge befindet sich im Mittelpunkt des Halbkreises und fixiert beständig nach der Mitte des Bogens, dem Nullpunkt der Teilung. Man bringt nun seitlich in verschiedener meßbarer Entfernung Objekte, Farben, Lichter an und läßt angeben, was gesehen wird, in welcher Farbe usw. So fand man z. B., daß sich das Gesichtsfeld etwa 90—100° nach außen, 45—50° nach innen, 60° nach oben und unten erstreckt.

Die Helligkeitsverschiedenheiten sind groß im Dämmerungsapparat. Im nachtblinden Netzhautzentrum ist natürlich die Helligkeit sehr klein. Die Empfindlichkeit nimmt nach der Peripherie zu, unter gewissen Umständen z. B. die Empfindlichkeit von 1° Entfernung zu 4° Entfernung von 1 bis 64; weiter peripher scheint die Steigerung langsamer zu gehen und jenseits eines gewissen Maximums (bei 10—20°) wieder abzunehmen. Damit stimmt überein, daß man die lichtschwächsten Sterne peripher besser sieht als zentral.

Im Gegensatz dazu sind bei Helladaptation die Schwellenwerte zentral und peripher nahezu gleich.

Die Farbenverschiedenheiten. Geht man bei Helladaptation von der Mitte nach der Peripherie, so kommt man zunächst in eine Zone, wo Grün und Rot nicht mehr sichtbar sind. Nach *Heß* wird dort ein gewisses Grün (495 μμ) und sein komplementäres Rotblau direkt farblos; alle andern Farben gehen in Gelb (574,5) oder Blau (471) über, die allein übrig bleiben: die vier unveränderlichen Farben. Auf dieser Zone herrscht Rotgrünblindheit. Nach *Edgard Dreher* (ZPs II 46 [1912], 1 ff.) erscheinen nicht die genauen Punkte der Urfarben, weiter peripher (14°) geboten, unverändert, sondern im Tone längerwelligen Lichtes; Urgelb z. B. rötlichgelb. Die wirklich unverändert erscheinenden Farben dagegen liegen bei kürzerwelligem Licht (also im Spektrum mehr rechts).

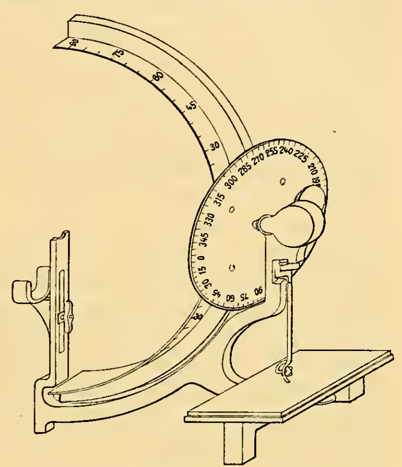


Fig. 11. Perimeter zum Messen des indirekten Sehens (nach *Titchener*).

Noch weiter peripher kommt eine Zone, die total farbenblind ist, doch in anderer Weise als bei der Dunkeladaptation. Es behalten nämlich die Farben dieselbe Helligkeit, welche sie zentral hatten; die hellste Stelle des Spektrums liegt auch peripher im Gelb. Diese Farbenblindheit beruht also nicht auf dem Fehlen der Zapfen, die Zapfen selbst werden farbenblind. Die Grenzen des Übergangs sind nach *Heß* für unveränderliches Rot und Grün einerseits, für Gelb und Blau anderseits stets übereinstimmend, wenn nur die Farben gleiche physiologische Sättigung haben, d. h. in gleichen Mengen gemischt Weiß geben und ferner gleiche Weißvalenz besitzen. Auch muß das untersuchende Auge durch längeren Lichtabschluß eine neutrale Stimmung erhalten haben. Die Grenze zwischen

zwei Zonen ist übrigens keine scharfe; sie hängt von der Lichtstärke und Größe der Objekte ab, weshalb man eher von herabgesetzter Farbenempfindlichkeit als von Farbenblindheit reden sollte (*Köllner*). Ein großes rotes Objekt wird noch seitlich rot gesehen, wo ein kleineres schon gelb erscheint. Ein Objekt von höherer Intensität und kürzerer Dauer wird noch weiter hinaus farbig gesehen als ein anderes von geringerer Intensität und längerer Dauer. Trotz dieser Farbenveränderungen gilt die Konstanz der optischen Gleichungen. Zentral gleich erscheinende Lichter erscheinen auch peripher einander gleich, natürlich wenn beide peripher verglichen werden und bei Helladaptation, von der wir allein reden.

Aus dem Satz, daß die Helligkeit zentral und peripher gleich ist, ergibt sich eine weitere Methode, die Helligkeit verschiedener Farben zu bestimmen. Man vergleicht sie einfach bei peripherer Betrachtung, wo der Vergleich leicht ist, weil die Farbigkeit wegfällt.

Eine gleichmäßig graue Fläche erscheint in ihrer ganzen Erstreckung gleich hell, wie schon *Aubert* feststellte. Aber nach *Hering* besteht ein großer Unterschied in der Eindringlichkeit. Diese Verschiedenheit der Eindringlichkeit ist am klarsten für Weiß; aber auch bei grauer oder bunter Farbe ist sie zu beobachten.

2. Die Zusammengehörigkeit der Farbenpaare trat uns schon bei der Farbenmischung im Satz der Ergänzungsfarben entgegen, wenn auch mit einer gewissen Abweichung von den Urfarben, die eine Erklärung zuließ. In den farbenblinden Zonen der Netzhautperipherie haben wir sie wieder, mit einer auch schon erwähnten Abweichung. Eine dritte Tatsachenreihe ist die in § 3 besprochene Veränderung des Farbentones in Abhängigkeit von der Reizstärke. Bei steigender Intensität bleiben Gelb und Blau bestehen, Rot und Grün nicht, außer den beiden unveränderten Punkten. Es ist nur eine Folgerung hiervon, daß Rotgelb bei geringerer Intensität rötlicher erscheinen muß. Auch hier bestätigt *Dreher* die Abweichung vom Punkt der Urfarben. Bei niederer Intensität erscheint Urgelb rötlich; der unveränderte Punkt liegt erst bei 568 (statt 582); Urgrün erscheint bläulicher; der unveränderte Punkt erscheint erst bei 483 (statt 500); Urblau erscheint grünlicher; der unveränderte Punkt liegt bei 461 (statt 480).

Die gleiche Abweichung trifft auch die vierte Tatsachenreihe, wonach bei längerer Dauer des Reizes die Gegenfarben immer nur zugleich verschwinden, also nach einiger Zeit nur noch Gelb und Blau vorhanden sind. Wie *Vöste* gefunden hatte, zeigen sich auch hierbei nicht die genauen Urfarben unverändert. Statt Urgelb war vielmehr 560 der unveränderte Punkt; statt Urgrün Werte von 490—500; statt Urblau 483.

Sehen wir von den später zu erklärenden Abweichungen von den Urfarbenpunkten einstweilen ab, so können wir die Tatsachen zusammenfassen, daß wir drei Farbensinne zu unterscheiden haben, den Rotgrünsinn, den Gelbblausinn und den Weißschwarzsinn. Diese Tatsachen finden ihre Erklärung in der *Hering*schen Farbentheorie und ihrer Weiterbildung, der *Müller*schen Theorie, denen wir uns nun zuwenden. Diese Theorien werden auch von den folgenden Paragraphen vorausgesetzt, bei denen allgemein an die Darstellung der Tatsachen die theoretische Streitfrage angeschlossen zu werden pflegt.

§ 7. Die Heringsche Farbentheorie mit ihrer Weiterbildung von G. E. Müller.

Literatur. Neben *Hering* 1. CgEPS (1904) 6—21; *G. E. Müller,* Vorlesung über Farbenempfindungen, 1903 (nach eigenen Aufzeichnungen); daneben ZPs 10 und 14.

1. Die Grundzüge der *Hering*schen Theorie. Entsprechend der psychologisch ausgezeichneten Stellung der sechs Hauptfarben werden sechs

physiologische Prozesse angenommen, die paarweise einander entgegengesetzt sind und an demselben Material vor sich gehen. Der Gegensatz ist der allgemeine des Stoffwechsels der lebendigen Substanz im Aufbau und Abbau (Assimilation *A* und Dissimilation *D*). Ist die Sehsubstanz sich selbst überlassen, so sind die Vorgänge miteinander im Gleichgewicht, $A = D$. Ein geeigneter äußerer Reiz (ein Licht) fördert entweder die eine oder die andere Tätigkeit, ist entweder *A*- oder *D*-Reiz, wozu bei jeder Sehsubstanz dann die entsprechenden Empfindungspaare gehören. Man kann also reden von Weißschwarz-Substanz, Gelbblau-Substanz und Rotgrün-Substanz.

Ein äußerer Lichtreiz wirkt im allgemeinen auf alle drei Sehsubstanzen gleichzeitig ein, er hat verschiedene „Valenzen". So wirken gewisse Wellenlängen auf die Rotgrün-Substanz im Sinne von Roterregung, wie *Hering* vermutet, als Dissimilationsreiz; andere Wellenlängen im Sinn von Grün, *A*-Reize. Ähnlich betrachtet er Gelb als *D*-Reizung, Blau als *A*-Reizung. Eine eigene Stellung besitzt die Weißschwarz-Substanz, welche durch Wellenlängen immer nur im Sinn von Weiß erregt wird. Schwarz ist hier ein positiver Zustand der Assimilation, der nur indirekt hervorgerufen wird. Die Sehsubstanz hat ein Eigenleben (eine spezifische Energie), das vom Reiz nur angeregt wird, aber auch ohne ihn besteht. Es gibt Reize, die nur auf die Weißschwarz-Substanz, nicht auf die Farbensubstanzen wirken; doch wirken Reize auf die Farbensubstanzen immer auch auf die Weißschwarz-Substanz.

Das Auftreten von Weiß bei Ergänzungsfarben ist nicht als eine Addition der Farbenempfindungen, sondern als ein Restphänomen aufzufassen. Die beiden Gegenfarben heben sich da gerade in ihrer Farbenvalenz auf, während die Weißvalenzen, worin sie gleichsinnig wirken, sich summieren. Übrigens heißt nach *Hering* der Gegensatz der zwei Farbenprozesse nicht, daß sie nicht zugleich sein können, sondern daß, wenn der eine verstärkt wird, der andere geschwächt wird. Weiß und Schwarz vereinigen sich ja zu einem Grau. Das Grau, das dem Fehlen des Reizes entspricht, wobei also $A = D$ ist, ist das Augengrau der geschlossenen und ausgeruhten Augen. Wenn die bunten Gegenfarben nicht zugleich gesehen werden, so liegt das nach *Hering* nur daran, daß ihr Gesamtgewicht gegenüber der gleichzeitigen Weißschwarzerregung zu klein ist (*Hillebrand*). Für die Art der Farbe kommt nur das Verhältnis der entgegengesetzten Reaktionen an derselben Netzhautstelle in Betracht, nicht die Menge der Teilchen, die im Prozeß begriffen sind; diesem letzteren entspricht die Eindringlichkeit, das Gewicht der Farbe.

Die weitere Verfolgung der Prozesse unter der Reizeinwirkung und nach ihrem Aufhören führt zu den Tatsachen, die wir erst später behandeln.

2. Die antagonistischen Netzhautprozesse in der Theorie *G. E. Müllers. Müller* nimmt die eben entwickelten Anschauungen der drei Sehsubstanzen mit ihren entgegengesetzten Farbenprozessen, der Abhängigkeit von den Lichtern, der Weißerregung als Restphänomen vollständig an. Aber als Parallelprozeß zur Farbenempfindung betrachtet er nicht den allgemeinen Gegensatz von Aufbau und Zersetzung, sondern einen Gegensatz photochemischer Reaktionen an derselben Sehsubstanz.

Bestehe z. B. der „Rotprozeß“ darin, daß ein Molekül (ab) in seine Bestandteile ($a + b$) gespalten wird, dann soll der entgegengesetzte Grünprozeß darin bestehen, daß die Summe der getrennten Atome ($a + b$) wieder zum Molekül (ab) vereinigt wird. Wenn keiner der beiden Farbenprozesse im Gang ist, besteht in dem photochemischen Prozeß $ab \rightleftarrows a + b$ Gleichgewicht, d. h. es gehen, wie die Chemie lehrt, ebensoviel Bindungen als Lösungen in der Zeiteinheit vor sich, keines von beiden überwiegt. Ein geeigneter äußerer Reiz dagegen (eine Farbe) beschleunigt die Reaktion entweder im Sinn von links nach rechts (wozu Rotempfindung) oder umgekehrt (wozu Grünempfindung gehört).

Wirken mehrere Reize auf dieselbe Netzhautstelle in entgegengesetztem Sinne ein, so kommt für die Empfindung nur ihre Differenz in Betracht, die Empfindung entspricht dann dem überwiegenden Prozeß. Halten sich beide Prozesse gerade das Gleichgewicht, so fallen beide Farbenempfindungen aus; da aber beide Reize außerdem Weißvalenzen haben, worin sie sich unterstützen, so bleibt als Resultat die Produktion der Weißempfindung. Wir haben nie zwei Gegenfarben zugleich an derselben Netzhautstelle, da nur einer der beiden Prozesse an derselben Stelle überwiegen kann, nicht beide. Deshalb ist die Mischung bunter Gegenfarben von vornherein ausgeschlossen. Die Ausnahme des Grau ergibt sich nicht aus den bisherigen Annahmen, sondern verlangt eine besondere Erklärung.

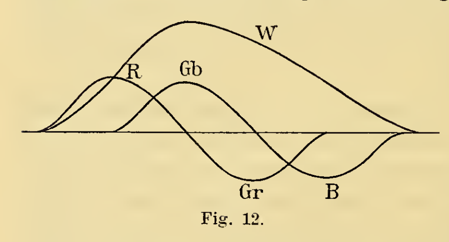


Fig. 12.

Weiter wird nicht von allen Lichtwellen angenommen, daß sie auf sämtliche Substanzen wirken, sondern, wie die Figur erkennen läßt (Fig. 12), hört die Wirkung auf die Rotgrün-Substanz vor dem Ende des Spektrums auf und fängt die Einwirkung auf die Gelbblau-Substanz erst von einem späteren Anfangspunkt an. Dieser in der Hauptsache gemeinsamen Erklärungsgrundlage fügt nun *Müller* ein höheres Stadium an.

3. Die endogene Schwarz-Weiß-Erregung. Neben der von außen stammenden Erregung der Weiß-Schwarz-Substanz haben wir noch eine aus inneren Ursachen hervorgehende (endogene) Erregung der zentralen Sehsubstanz anzunehmen. Sie offenbart sich am reinsten bei geschlossenen Augen, und zwar nach längerer Dunkeladaptation, wo man das „Augengrau“ sieht, eine Mischung von Schwarz und Weiß. Bei dieser zentralen Sehsubstanz kann im Gegensatz zu den peripheren Farbenprozessen die entgegengesetzte Erregung zugleich vorhanden sein und bewirkt deshalb jene Übergangsfarbe zwischen Weiß und Schwarz, das Grau. Der innere Reiz, der diese Empfindung auslöst und immer auf derselben Höhe hält, ist wohl die gewöhnliche Wärmebewegung. Da die Wärme im Gehirn konstant ist, so ist auch die zugehörige Empfindung konstant, wenn nicht äußere Reize dazu kommen. Durch sie kann die Intensität des Weißprozesses (I_W) verstärkt werden, ferner indirekt (durch Kontrast) auch die des Schwarzprozesses (I_S). Die Differenz dieser peripheren Erregungen $I_W—I_S$ kommt dann zur endogenen Grauerregung hinzu und bewirkt helleres oder dunkleres Grau, Weiß oder Schwarz.

Näher erklärt das *Müller* (§ 33 u. 35). Wegen der Konstanz des zentralen Prozesses wird der gleiche periphere Reiz I_W—I_S immer die gleiche Wirkung auf die innere Grauerregung haben. Also wird bei aller Verschiedenheit der äußeren Reize mit einem gewissen Weiß immer ganz dasselbe Schwarz verbunden sein. Bestehe jene endogene Erregung etwa aus 20 *W* + 20 *S*, dann wird ein gewisser äußerer Weißreiz vielleicht das *W* um 1 erhöhen und das *S* um 1 erniedrigen, also 21 *W* und 19 *S* zur Folge haben. Daß 21 *W* mit 20 *S* verbunden wäre, kann nicht vorkommen. So erklärt sich die Singularität des Grau, nämlich 1. daß Schwarz und Weiß überhaupt Übergangsempfindungen besitzen, was bei Gelb und Blau usw. nicht der Fall ist; das beruht auf der zentralen Sehsubstanz, die besonderer Art ist und bei den andern Farben nicht vorkommt. 2. Daß jedes Grau bloß in einer bestimmten Intensität sich findet, daß, wie eben erklärt wurde, eine Veränderung der Intensität zugleich seine Qualität ändert.

Auf diese endogene Grauerregung weisen manche der Tatsachen, die wir für die positive Natur der Schwarzempfindung anführten. Bei übermäßigem Rauchen kann der Sehnerv so geschädigt werden, daß einzelne Teile des Gesichtsfeldes ausfallen, Skotome. Man sieht aber dann dort Schwarz. Ebenso sieht man Schwarz vor den Augen, wenn man länger den Augapfel drückt, so daß der Blutkreislauf gestört wird und die Netzhaut nicht mehr arbeitet. Im Gegensatz zu diesen positiven Skotomen gibt es negative, wie der blinde Fleck. Der Unterschied erklärt sich leicht, indem im einen Fall nur Nerv oder Netzhaut angegriffen ist, im andern das Sehzentrum und damit die endogene Grauerregung.

Bei Blinden kommt je nach Umständen vor, daß sie entweder jahrelang noch das subjektive Augengrau haben oder aber gar nichts mehr sehen. Das erklärt sich dadurch, daß entweder bloß die Netzhaut gelitten hat oder, was allmählich daraus folgen kann, das Sehzentrum in Mitleidenschaft gezogen wird.

4. Die Sehnervenerregungen. Die bisher betrachteten photochemischen Prozesse der Netzhaut wirken nun weiter auf die Nerven, haben „innere Reizwerte". Und zwar wird wieder angenommen, daß sechs Nervenerregungen möglich sind, paarweise einander entgegengesetzt. Dabei ist das Wahrscheinlichste, daß jeder Netzhautprozeß alle drei Arten von Sehnervenerregungen hervorruft, jede in einer Richtung, also drei innere Reizwerte hat. Diese Annahme ist in Einzelheiten nicht neu: schon *Donders* gibt dem Rotprozeß einen inneren Rot- und Gelbwert; ähnlich *v. Kries*. Diese Sehnervenerregungen sind insofern antagonistisch, daß nicht zwei entgegengesetzte gleichzeitig in demselben Nerven vor sich gehen können, weshalb bloß die Differenz der Netzhautprozesse darüber entscheidet, welche Nervenerregung folgt. Dagegen ist der Gegensatz nicht notwendig derselben Art wie bei den chemischen Reaktionen, welche bloß gleichzeitig ausfallen können.

Speziell legen die Tatsachen folgende Annahme nahe:

Der *R*-Prozeß hat einen inneren *R*-Wert + *Gb*-Wert + *W*-Wert.
Der *Gb*-Prozeß hat einen inneren *Gb*-Wert + *Gr*-Wert + *W*-Wert.
Der *Gr*-Prozeß hat einen inneren *Gr*-Wert + *B*-Wert + *S*-Wert.
Der *B*-Prozeß hat einen inneren *B*-Wert + *R*-Wert + *S*-Wert.

Da die inneren Werte verschiedener Prozesse teilweise ineinander übergreifen, so kann daraus eine gegenseitige Förderung oder auch Hemmung entstehen, wobei dann immer die Differenz maßgebend ist. Die Anwendungen dieser Annahmen werden wir besonders in der Erklärung der Farbenblindheiten wiederfinden.

5. Erklärung der bisherigen Tatsachen aus dieser Theorie.

Der Zapfenapparat ist nach dem Gesagten drei Einzelsinnen gleichwertig: dem Weißschwarzsinn, Gelbblausinn und Rotgrünsinn. Diese Sinne sind nicht gleich leistungsfähig und gleich fest. Der stärkste ist der Weißschwarzsinn, der schwächste der Rotgrünsinn. Fixiert man z. B. länger ein grünblaues Quadrat, so wird es immer mehr blau; der Rotgrünsinn ermüdet zuerst. Erhöht man die Intensität des Rotgelb, so nimmt die Gelblichkeit immer mehr überhand. Bei noch größerer Steigerung tritt auch Gelb gegen Weiß zurück; schließlich kann der Weißschwarzsinn allein der Steigerung folgen. Auch bei Druck wird zuerst der Rotgrünsinn ausgeschaltet, dann der Gelbblausinn, zuletzt der Weißschwarzsinn. Dieselbe Reihenfolge gilt für die Häufigkeit der Farbenblindheiten, ebenso für das Verschwinden der Farben beim exzentrischen Sehen. Viele der früher erwähnten Eigentümlichkeiten der Farben lassen in der Theorie eine einfache Erklärung zu.

Einige Beispiele. Die vier Wendepunkte in der Linie der bunten Farben: es gibt eben nur vier reine Farbenprozesse.

Warum gibt es kein Gelbblau oder Rotgrün? Weil diese Prozesse in der Netzhaut sich ausschließen, bloß ihr Überschuß auf den Nerv wirkt.

Warum gibt es dagegen Schwarzweiß-, d. h. Grauempfindung? Weil außer den Netzhautprozessen eine endogene Grauerregung besteht.

Die verschiedene Helligkeit der Farben ist schon aus der verschieden großen Weißvalenz der äußeren Reize und aus den verschiedenen inneren Weiß- oder Schwarzwerten zu erwarten.

Zu jeder Farbe gibt es eine komplementäre; denn es kann zu jedem Netzhautprozeß derjenige hinzugefügt werden, der den Farbenprozeß aufhebt, so daß nur die Wirkung auf die Weißschwarzsubstanz übrig bleibt.

Gleich aussehende Farben geben gleiche Mischungen; denn mit dem gleichen Aussehen ist die Gleichheit der Netzhautprozesse verbunden.

Aus je drei Farben, von denen je zwei die komplementäre der dritten einschließen, können alle Farben gemischt werden; denn nach dem Gesetz ihrer Bildung enthalten sie notwendig die vier Grundprozesse in sich; aus ihrer Mischung kann also jede Farbe gewonnen werden.

Wenn eine Farbe auf schwarzem Grund von ihrem Schwellenwert an verstärkt wird, steigt zunächst die Farbigkeit mit bis zu einem gewissen Punkt, dem Wendepunkt der Farbigkeit. Von da an macht jede Verstärkung die Farbe blasser. Erst wenn man den Hintergrund heller macht, rückt der Wendepunkt in die Höhe; ist die Farbe lichtschwach, so kommt sie gegen die äußere und innere Grauerregung nicht auf. Steigert man dann den Farbenreiz, so nimmt die Bedeutung der farbigen Erregung relativ zu, weil diejenige der endogenen Grauerregung zurücktritt. Bei noch weiterer Steigerung kommen die Farbenvalenzen nicht mehr mit, sie ermüden. Daß die Erhellung des Hintergrundes den Wendepunkt in die Höhe treibt, beruht darauf, daß dann durch Schwarzinduktion die Helligkeit zurückgedrängt wird (*G. Révész*).

§ 8. Der Kontrast.

Literatur. *Tschermak*, Kontrast und Irradiation, in Ergebnisse der Physiologie II 726 ff.; besonders aber *Herings* Grundzüge.

Der Netzhautprozeß, der in einem Punkt erregt wird, hängt nicht bloß von dem Reiz ab, der diese Stelle trifft, sondern ganz wesentlich auch von den Einwirkungen anderer Reize auf alle benachbarten Netzhautpunkte. Den so entstehenden simultanen oder Nebenkontrast faßte man vielfach auf als gelegentliche Täuschung über die wirkliche Farbe. Aber wenn auch solche Beispiele besonders geeignet sind, die Erscheinung kennen zu lernen, so äußern sich die

wichtigsten Anwendungen des Kontrastes, wie *Hering* hervorhebt, vielmehr in der Sehschärfe und der Möglichkeit, die Außendinge an ihrer Farbe wiederzuerkennen.

1. Methodik. *Titchener* empfiehlt: Man lege nebeneinander die vier Farben Rot, Gelb, Grün, Blau in großen Bogen, mitten über alle hingehend einen schmalen Streifen Grau und bedecke das Ganze mit einem durchscheinenden Papier („Flor"). In *Herings* Doppelschirmanordnung enthält ein vorderer Schirm einen Ausschnitt, durch den man ein Stückchen eines hinteren Schirmes sehen kann. Beide Schirme können durch eigene Lichtquellen nach Belieben verschieden beleuchtet werden. So hat man ein kreisrundes Feld auf einem Hintergrund, die beide in ihrer Helligkeit beliebig veränderlich sind. Wichtig für reine Kontrasterscheinungen ist, daß die beiden Flächen nicht als gesonderte Objekte erscheinen und überhaupt möglichst wenig als Körper mit ihren Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, sondern als reine Farben in derselben Ebene. Man kann das erreichen, indem man über die kontrastierenden Papiere Seidenpapier deckt, das die Konturen und das Korn verschwinden läßt (Versuch von *Herm. Meyer*, 1855; Florkontrast), oder auch, indem man durch eine Linse die scharfe Akkommodation verhindert. Dasselbe wird erreicht im Farbenkreisel, bei dem alles in einer einzigen Fläche erscheint, ohne Konturen oder Korn.

Eine andere Methode ist der Spiegelkontrast: Betrachten der schwarzen Figuren auf weißem Grund durch ein farbiges Glas.

Besonders schön sind die Versuche mit farbigen Schatten: In ein verdunkeltes Zimmer wird sowohl durch ein farbiges Fenster gefärbtes Licht (etwa rotblau, nach Verhältnis und Intensität durch Verschieben veränderlich) als auch durch eine kleine Öffnung weißes Licht eingelassen. Ein senkrecht aufgestellter Stab vor einem weißen Schirm wirft dann auf ihn zwei aneinander grenzende Schatten, den einen von der Farbe des farbigen Fensters, den andern in der Kontrastfarbe. Durch Bemessung der Spaltbreite kann man die Kontrastfarbe dann intensiver machen als die induzierende Farbe. Diese Methode erlaubt eine sehr schnelle und bequeme Veränderung und die gleichzeitige Beobachtung der Erscheinung durch den Versuchsleiter.

2. Die Tatsachen des Kontrastes. Ein einfacher Versuch von *Fechner:* Ein Stab vor einer Kerze wirft auf einen Schirm einen Schatten. Fügt man eine zweite Kerze hinzu, so entsteht ein zweiter Schatten. Die Stelle desselben erscheint nun viel dunkler als unmittelbar vorher, obwohl die objektive Lichtstärke dort die gleiche geblieben ist. — Blickt man in der Dämmerung durch ein Fenster nach dem schwach erleuchteten Himmel, so erscheint er hell; erleuchtet man dann plötzlich das Zimmer stark, so erscheint der Himmel plötzlich schwarz. — *Hering* beschreibt einen einfachen Apparat, in dem durch kontrastierende Felder dasselbe graue Papier zur Hälfte weiß, zur Hälfte schwarz gesehen wird mit Helligkeiten, die sich verhalten wie 1 : 60 (§ 46).

Die allgemeine Regel aller dieser Erscheinungen ist: Jede Farbe induziert in ihrer Umgebung ihre Ergänzungsfarbe, und zwar ist dieser Kontrast immer wechselseitig. Handelt es sich um Schwarz und Weiß, so spricht man von Helligkeitskontrast; wenn um bunte Farben, von Farbenkontrast. Ist die zweite Fläche selbst gefärbt, so addieren sich die beiden Färbungen. Zwei Komplementärfarben erhöhen sich gegenseitig in ihrer Sättigung, und so können Farben in überspektraler Sättigung erlangt werden. Dagegen stumpfen zwei gleiche Farben von verschiedener Sättigung sich gegenseitig ab. Das erklärt den Unterschied von Binnenkontrast und Randkontrast. Die Helligkeiten innerhalb

eines gleichmäßig hellen Feldes stumpfen sich gegenseitig ab. Grenzt diese Fläche dann an eine dunklere, so ist an der Grenze der abschwächende Einfluß von einer Seite weniger groß; deshalb erscheint die Grenzregion heller als die innere Fläche. Das ist der Grenzkontrast. Auf ihm beruht die auffallend große Kontrastwirkung auf kleinen umschlossenen Feldern.

Für Dunkeladaptation findet *Blachowski* (ZPs II 48 [1914] 325 ff.): Wird mit dunkeladaptiertem Auge auf lichtlosem Grund eine kleine Lichtscheibe betrachtet, so zeigt sie einen konzentrisch dunklen Ring; bei größerer Ausdehnung kommt ein zweiter hinzu oder entsteht später ein mittlerer dunkler Fleck mit umgebenden Ringen. Die Ringbildung braucht eine gewisse kleine Zeit. Bei schwacher Beleuchtung ist alles gleichmäßig dunkel; bei größerer nimmt die Gliederung zu, um bei größter wieder zurückzugehen. — Eine Teilerklärung dieser Tatsachen liegt darin, daß bei Dunkeladaptation mit wachsender Ausdehnung einer Fläche auch ihre Helligkeit zunimmt, was wohl eine Eigenart der Stäbchen ist. Vermutlich wächst hierdurch die Helligkeit schneller an, als sie gleichzeitig durch Binnenkontrast abnimmt. Dagegen beruht auf diesem Kontrast die Zunahme des dunklen Flecks mit größerer Ausdehnung.

Die Wirkung des Kontrastes nimmt mit der Entfernung der kontrastierenden Felder ab. Schon eine kleine Entfernung mindert dieselbe bedeutend. Trennt man z. B. die zwei Flächen durch eine schmale schwarze Grenzlinie, so wird der Kontrast stark geschwächt, teils weil die Flächen mehr voneinander entfernt sind, teils weil die schwarze Linie in ihrer unmittelbaren Nähe Weiß hervorruft, was den Farbenkontrast dort zurückdrängt.

Bei gewöhnlichem Betrachten mit bewegtem Blick hat man nicht Nebenkontrast allein, sondern damit gemischt den Nachkontrast. Um reinen Nebenkontrast zu erlangen, empfiehlt *Hering*: Man bedecke die zu untersuchenden Flächen zunächst mit einem grauen Papier, das nur den Fixationspunkt frei läßt, fixiere diesen länger und ziehe dann die Deckblätter auseinander, wobei man den gewählten Punkt 1—2 Sekunden weiter starr fixiert. Dann bemerkt man sofort den Kontrast, wenn auch nicht so stark wie beim gewöhnlichen gemischten Kontrast.

Der Kontrast erstreckt sich momentan über die ganze Netzhaut; selbst bei Beleuchtung durch den elektrischen Funken zeigt er sich (wobei freilich das Nachbild nicht zu vergessen ist). Er ist anfangs am deutlichsten und nimmt in der Folge rasch ab.

Eine Kontrasterscheinung sind die *Mach*schen Streifen; wo der Kernschatten in den Halbschatten übergeht, tritt ein dunkler Streifen auf; wo der Halbschatten in die volle Helligkeit. ein heller Streifen. Diese Streifen können scheinbar auch photographiert werden: wenn man aber das benachbarte Gebiet abdeckt, verschwinden sie und beweisen so die Subjektivität der Erscheinung. *Paschen* erwähnt eine Anwendung davon: Werden zwei Finger einander genähert und nahe vor das Auge gehalten, das durch diesen engen Spalt den Himmel fixiert, so erscheint im Spalt eine dunkle Insel. Es vereinigen sich da die dunklen Ränder der Halbschatten, die durch je eine helle Linie von den Fingern abgegrenzt sind.

Die Kontrastfarbe ist nicht immer genau komplementär. Nach *Hering* ist das nur dann zu erwarten, wenn die Kontrastfarbe eine Grundfarbe, und wenn die Stimmung des Auges neutral ist. Ersteres, weil es bei einer Mischfarbe nicht

sicher ist, daß die Gegenfarben beider Teile in genau demselben Verhältnis stehen müssen. Tatsächlich weicht die Kontrastfarbe von der Gegenfarbe ab, im Sinne einer Addition von etwas Blaurot (was ähnlich von der Nachbildfarbe gilt). *Hering* führt das zurück auf eine farbige Verstimmung des in gewöhnlichem Licht hell adaptierten Auges. Denn das Tageslicht ist selbst farbig. Dazu kommt die Absorption im Auge, das gelbrote Licht wegen der Durchleuchtung der Sehnenhaut von der Seite, die gelben Farbstoffe der Linse, das Pigment des gelben Flecks. Bestätigt wird diese Erklärung dadurch, daß man künstlich ähnliche Verstimmungen des Auges herbeiführen kann.

3. Die Maßgesetze des Kontrastes. Für den Helligkeitskontrast gilt nach *Heß* und *Pretori* allgemein:

$$z = k\,(J - U),$$

wo U die Helligkeit des Grundes (Umfeldes), J die des kontrasterleidenden Feldes (Infeldes), z die durch Kontrast bewirkte Helligkeitsveränderung, k endlich eine Konstante ist, welche von den Bedingungen des Versuches abhängt, wie Größe der kontrastierenden Felder, ihre Entfernung voneinander, Entfernung vom Auge usw.

Für die Kontrasterhellung wurde das Gesetz unabhängig aufgestellt von *A. Lehmann, Ebbinghaus, Heß* und *Pretori* unter verschiedenen Formen, die sich später als gleichbedeutend herausstellten. Die beiden ersten hatten mit wanderndem Blick beobachtet, also den Nachkontrast nicht ausgeschlossen, während letztere den reinen Nebenkontrast untersuchten. Für die Kontrastverdunklung halten *Heß* und *Pretori* dasselbe Gesetz wie für Kontrasterhellung anwendbar. Theoretisch leitete *Lehmann* das Gesetz aus dem allgemeinen Hemmungsgesetz ab: Wird ein Feld F auf einem Hintergrund H gehemmt, so hat es nur die Empfindung, wie F_0 auf lichtlosem Hintergrund haben würde, und es gilt:

$$\frac{F_0}{F} = \frac{F^2 + FH}{F^2 + FH + H^2}$$

Die Beobachtung setzt verschiedene Bedingungen voraus: vorherige Dunkeladaptation des Auges, Fixation, Darbietung des Reizes bis zur völligen Adaptation (etwa 3″), Abwesenheit jedes fremden Lichtes, der Hintergrund muß das ganze Gesichtsfeld erfüllen. Aus den Folgerungen ist bemerkenswert: Kontrasterhellung und -verdunklung sind dieselbe Erscheinung; die Kontrasterhellung beruht nicht auf einer wirklichen Zunahme der Helligkeit des Feldes, sondern darauf, daß das Feld weniger gehemmt wird, als wenn es auf dem Hintergrund gleicher Helligkeit betrachtet würde. *Lehmann* findet die Formel mit den Beobachtungen genügend übereinstimmend. Die mit den empirischen Ungenauigkeiten früher gefundenen Kontrastgesetze zeigen übrigens doch noch die typische Form der genauen Kontrastkurve; nur ist der reine Nebenkontrast viel stärker (*Lehmann,* Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände 3).

Für die Ausdehnung des kontrasterregenden Feldes fand *Kirschmann:* Die Größe des Kontrastes wächst proportional der linearen Ausdehnung des Umfeldes.

Wie später zu zeigen, folgt die Unterschiedsschwelle zwischen zwei Helligkeiten annähernd dem *Weber*schen Gesetz, d. h. mit größerer Helligkeit muß proportional auch der Unterschied gesteigert werden, um immer ebenmerklich zu sein; die absolute Unterschiedsschwelle wächst proportional der Reizstärke, die relative ist dagegen konstant. Diese Gesetzmäßigkeit wird durch den Hintergrund der Vergleichsfelder stark beeinflußt. Schon *Petrén* und *Johansson* fanden (1904): Wenn ein sehr kleines Lichtfeld mit eben unterscheidbaren Hälften auf dunklem

Grund kurz (0,3″) betrachtet wird, dann ist bei Veränderung der Helligkeit des Infeldes zwischen 1 und 33 die absolute, nicht die relative Unterschiedsschwelle konstant. *Schjelderup* (ZPs II 51 [1920] 176 ff.) untersuchte ebenso wie *Petrén* mit sehr kleinem Feld und kurzer Betrachtung (0,7″) und adaptierte das Auge immer vorher an die Umfeldhelligkeit. Bei $U < I$, dem Fall der gewöhnlichen Beobachtungen, erwies sich in der Tat die relative Unterschiedsschwelle als konstant (*Webers* Gesetz). Dagegen trat bei $U > I$ eine neue Gesetzmäßigkeit auf. Nennt man die ebenmerkliche Infeldsteigerung DI, so gilt allgemein: $DI = K'I + K''U$. Mithin ist bei konstantem I die Unterschiedsschwelle eine lineare Funktion der Helligkeit des U; bei konstantem U eine lineare Funktion des I. Das *Weber*sche Gesetz erweist sich davon als besonderer Fall, wenn $I = U$. Ist das Infeld nun sehr klein, so ist die Unterschiedsschwelle einfach dem U proportional; und wenn auch U konstant ist, ist die Unterschiedsschwelle konstant wie bei *Petrén*.

Für die Abhängigkeit von I/U gilt: Die Unterschiedsschwelle ist ein Minimum, wenn dieses Verhältnis = 1 ist; bei anderem Verhältnis wächst sie an, und zwar rascher, wenn $U > I$, als wenn umgekehrt. *Dittmers* (ZPs II 51 [1920] 274 ff.) ergänzt diese Ergebnisse: Bei konstantem I hat die Unterschiedsschwelle ihr Minimum, wie gesagt, wenn $I = U$; U wächst von da an nach beiden Seiten an, wenn sie auseinander gehen. Ist U konstant, so hat die relative Unterschiedsschwelle ihr Minimum bei $I = U$; diesmal steigt bei Erhebung des I die Unterschiedsschwelle zunächst an, aber so, daß in einiger Entfernung wenigstens die relative Unterschiedsschwelle wieder sinkt, selbst unter den Wert der Gleichheit der Felder.

Schjelderup erklärt die neue Gesetzmäßigkeit bei kleinem Feld und hellerem U nicht als Kontrast (wie *Hering*) oder Adaptation (wie *Petrén*), sondern aus einer sich entwickelnden Ermüdung. Ebenso *Dittmers:* Da das Auge immer vorher auf das hellere Umfeld adaptiert worden war, wuchs nicht bloß der Kontrast, sondern auch die Ermüdung und die negative Nachwirkung.

Beim Farbenkontrast hatte *Helmholtz* gemeint, er sei bei schwachen Farbenunterschieden am größten. Dagegen zeigte *Hering*, daß, wenn man die Helligkeit des farblosen Feldes passend wählt, die Kontrastwirkung mit dem Sättigungsgrad wächst; ähnlich *Kirschmann*. Der Grund des früheren Irrtums war die Vernachlässigung der Weißvalenz, die sich in jeder Farbe noch findet. Es besteht deshalb nebeneinander Helligkeitskontrast und Farbenkontrast; die Merklichkeit der Kontrastfärbung hängt von dem Verhältnis beider ab. Das Maximum der Kontrastwirkung tritt auf, wenn das Eigengrau nicht verändert wird. *Hering:* Weiß und Schwarz können sozusagen sehr viel Farbe aufnehmen, ohne deutlich farbig zu werden. Vergleiche die früher erwähnten Untersuchungen von *Révész* (S. 55 f.).

Die genaueren Gesetze des Farbenkontrastes von *Pretori* und *Sachs,* die ohne weitläufige Erklärung nicht verständlich sein würden, siehe bei *Tschermak*. Der Grundgedanke ist auch hier, daß ein hinzukommendes Weiß die Farbe zurückdrängt. Das gleiche zeigt auch *Révész* (ZPs II 41, 102 ff.): Sei ein Grau auf weißem Hintergrund einem Grau auf schwarzem subjektiv gleich gemacht (wozu ersteres 76°, letzteres 6° braucht) und werde dann zu beiden Grau Farbe gemischt, bis sie eben merklich ist, so ist für das Hellfeld mehr nötig; das Weiß schwächt die Farbenvalenz. Das Schwächungsverhältnis ist dabei nach dem Farbenton verschieden, bei Gelb etwa 2, bei Rot und Grün gegen 4, bei Blau 8.

Katona (ZPs II 53 [1921] 145 ff.), der diese Versuche bestätigt, findet bei der Verschiedenheit der Farben ihre Helligkeit als das entscheidende. Als Erklärung verweist er auf den aus *Müllers* Theorie sich ergebenden hemmenden Einfluß des

Weiß auf gleichzeitig einwirkendes farbiges Licht. Er zeigt, daß das Übergewicht des Weiß auf weißem Hintergrund um so bedeutender sein muß, je geringer die Weißvalenz der Farbe ist. Daneben gibt es noch eine andere hemmende Wirkung des Weiß auf farbige Prozesse, durch vorausgehende Weißermüdung. *Katona* läßt auf farbigem Umfeld ein graues Infeld durch Kontrast sich färben und mißt die Größe dieses Kontrastes durch seine Neutralisierung. Dann erweist sich der Kontrast stärker, wenn das Auge vorher durch Betrachten eines weißen Schirmes während 15″ ermüdet war. Auch hier war die Verstärkung am größten bei Blau, am kleinsten bei Gelb. Dagegen war eine vorherige Weißermüdung auf den Helligkeitskontrast ohne Einfluß. Die Erklärung geht auf die später zu besprechende weitere Ausbildung der *Müller*schen Theorie zurück. *Hering* entwickelt (§ 37—49) eine eingehende mathematische Theorie des Helligkeitskontrastes. Er geht von der Annahme aus, daß der Stoffwechsel jedes Elementes der Sehsubstanz auch den seiner Umgebung beeinflußt, indem er dort eine gegensinnige Änderung herbeiführt. Aus dieser Voraussetzung findet sich, daß die Abhängigkeit der Helligkeit eines bestrahlten Punktes von der Lichtstärke des Reizes nicht eine einzige Kurve ist, sondern je nach den Bedingungen der übrigen Netzhautteile eine Schar von Kurven umfaßt, die mit steigender Lichtstärke teils steigen, teils gleich bleiben, teils selbst fallen, wie auch das Experiment bestätigt.

4. Die Bedeutung des Kontrastes für das Sehen. a) Der Kontrast spielt nach *Hering* (§ 6) eine maßgebende Rolle für die scheinbare Farbenbeständigkeit der Sehdinge, welche uns die Farben zu Merkmalen für die Dinge macht. Trotz der beständig wechselnden Beleuchtung, erscheinen uns die Außendinge ziemlich unverändert. Das Papier z. B. erscheint weiß, die Buchstaben darauf schwarz bei jeder zum Lesen bequemen Beleuchtung. Das ist auffallend und steht im Gegensatz zur Wärme oder Kälte eines Dinges, die beständig wechseln. Gewöhnlich sind die schwarzen Buchstaben nur 15mal weniger hell als das Papier. Dagegen verhält sich die Intensität der Beleuchtung am frühen Morgen, wenn sie eben zum ganz bequemen Lesen genügend ist, zu derjenigen, die am hellen Mittag auf dem Schreibtisch besteht, etwa wie 1 : 50. Also sind die Buchstaben am Mittag dreimal heller als das Papier am Morgen. Und doch erscheint das Papier am Morgen nicht etwa tiefer schwarz als die Buchstaben am Mittag. Diese angenäherte Konstanz der Farben der Dinge ist eine wichtige Tatsache. Ohne sie würde ein Stück Kreide an einem trüben Tag uns erscheinen wie Kohle an einem sonnigen Tag. Die gesehene Farbe wäre kein Merkmal für das Ding.

Sicher hilft zu dieser Tatsache die Pupillenveränderung mit, welche den Lichtunterschied verkleinert; aber das ist nicht entfernt genügend. Das Wesentliche ist nach *Hering* die Wechselwirkung der Sehfeldstellen. Wenn auf weißem Grund sich ein kleines, dunkles Feld findet und die Helligkeit des weißen Feldes allein gesteigert würde, so wird das eingeschlossene Feld noch dunkler werden. Damit es gleich dunkel bleibe, müßte ihm ein Helligkeitszuwachs gegeben werden entsprechend dem gerade geltenden Kontrastkoëffizienten. Wäre das Feld dunkler, als diesem Verhältnis entspricht, so müßte es sogar trotz steigendem äußeren Reiz selbst noch dunkler werden. Diese Möglichkeit ist nun in der Erfahrung verwirklicht. In der Nacht ist bloß verschiedenes Grau zu sehen; bei fortschreitender Tagesbeleuchtung tauchen dann einzelne Teile aus dem Grau hervor, die lichtschwächsten Teile dagegen nehmen an Helligkeit nicht zu, sondern ab. Eine Folge davon ist auch, daß die Deutlichkeit des Sehens mit der Tageshelligkeit zunimmt. Diese Deutlichkeit ist ja um so größer, je größer die Farbenverschiedenheit der zu unterscheidenden Gegenstände ist. — Wir werden später sehen, daß diese Erklärung für die Konstanz der Farben den Tatsachen doch nicht völlig genügt (Abschnitt 3, Kap. 3).

b) Noch auffallender und wertvoller ist der **Einfluß des Kontrastes** zu Gunsten der **Deutlichkeit des Sehens**, in dem Sinn, daß durch ihn die sehr unscharfe Zeichnung der Netzhaut jene Schärfe erhält, welche für das Erkennen wesentlich ist.

Wie *Hering* nachweist (§ 33—36), ist das abirrende Licht in der Netzhaut außerordentlich viel größer, als man nach der gewöhnlichen Darstellung erwarten sollte. Schon in jedem Strahlenbündel, das eine Flüssigkeit oder Glas durchsetzt, hat man starke diffuse Zerstreuung. Dazu kommt die mangelnde Gleichartigkeit des Auges, das durch Sehnenhaut und Iris dringende Licht, das von den beleuchteten Netzhautstellen nach allen Seiten geworfene Licht. Auf der ganzen Netzhaut hat man einen Zuwachs durch falsches Licht im allgemeinen und insbesondere an der Grenze jedes Lichtbildes eine starke Zunahme in der Nähe, besonders um ein lichtstarkes Objekt.

Wenn trotzdem das innere Auge auf Grund eines solchen Netzhautbildes bei hinreichender Lichtstärke wieder eine scharfe Grenze herstellt, liegt das eben am Kontrast. Die Abirrung des Lichtes bewirkt, daß das Licht weit über die Grenzen hinausgeht. Infolge des Grenzkontrastes aber erhält die lichtstarke Fläche nach der Grenze hin eine Zone ansteigender Helligkeit, die lichtschwächere daneben einen dunkleren Streifen. Das wirkt der Abirrung entgegen. Der Erfolg wird vom Verhältnis der beiden Ursachen abhängen: bei sehr starkem Kontrast wird die Abirrung überwogen, bei sehr starker Abirrung wird dieselbe im wesentlichen bleiben und die Grenze verwaschen sein. Immer wird die Grenze durch den Kontrast bestimmt und kann von der wirklichen Grenze nach Umständen abweichen.

Ansprechend zeigt diese Verhältnisse eine Figur von *Tschermak*, die der Reihe nach untereinander das Objekt (eine helle Linie), sein anfängliches sehr verwaschenes Bild auf der Netzhaut, die folgende Kompensation an dem Ort der Kontrastwirkung und endlich die korrigierte Abbildung in der psycho-physischen Sphäre aufweist (Fig. 13).

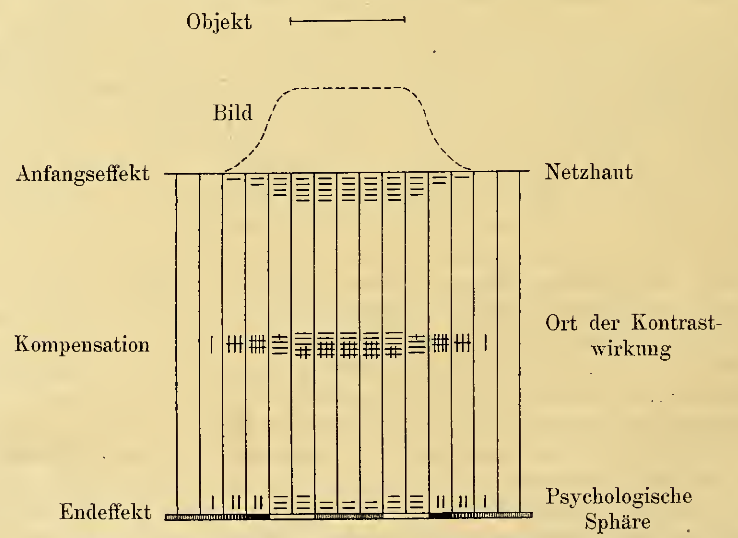


Fig. 13. Schema für die Beseitigung der Irradiation durch den Kontrast, nach *A. Tschermak*.

Auf ein berühmtes Wort anspielend, das im Zusammenhang freilich nicht jenen schroffen Sinn hatte, der ihm beim Zitieren häufig unterlegt wurde, schließt *Tschermak*: „Ich glaube, ein moderner Sinnesphysiologe würde einem Mechaniker, der ihm einen so schlechten dioptrischen Apparat brächte wie das menschliche Auge, doch nicht die Türe weisen. Mindestens würde er ihn sofort zurückrufen, wenn er bemerkte, daß das schlechte Instrument dafür die Eigenschaften des simultanen Kontrastes und der Adaptation besitzt."

5. Die Theorie des Kontrastes.

a) Gegenüber der älteren physiologischen Ansicht vertrat *Brücke* und besonders *Helmholtz* eine psychologische Theorie: die Veränderung der Empfindung durch Beleuchtung der Nachbarschaft sei nur eine scheinbare, eine „Urteilstäuschung". Es besteht eine Neigung, eine im Gesichtsfeld vorhandene Farbe, die dem Weiß nahesteht, für wirkliches Weiß zu halten; ein Tischtuch erscheint uns weiß auch bei Lampenlicht. Wir übersehen dann also die roten Strahlen. Geschieht dieses Übersehen im Gesichtsfeld aber allgemein, so müssen wir alle Farben etwas grünlicher sehen, als sie sind, was eben der Kontrast behauptet. Auch satte Farben sollen wir so etwas gegen Weiß verschieben, wenn auch da die Täuschung nicht so groß sein wird wie bei geringerer Sättigung.

b) Dem steht die physiologische Theorie gegenüber. Sie findet sich schon bei *Brewster, H. Meyer, Joh. Müller, Fechner*; neuestens wurde sie besonders von *Hering, Mach* und vielen andern vertreten. *Hering*: Eine Erregung eines Teiles der Netzhaut beeinflußt von selbst alle benachbarten Teile in entgegengesetztem Sinn, und zwar die nächstgelegenen Teile am stärksten. Die weitere Ausführung haben wir oben kennen gelernt.

Zu den Beweisen der physiologischen Theorie gehören viele Fälle, wo gleichzeitig entgegengesetzte Kontrastwirkungen über das Gesichtsfeld verteilt sind oder überhaupt die Erkenntnis nicht in Frage kommt. So führt *Mach* den starken Randkontrast an, der besonders auf dem Farbenkreisel gut zu sehen ist, *Hering* den Wechsel subjektiver Helligkeit, den ein grauer Streifen auf einem abwechselnd weißen und schwarzen Grund erhält. Da kann man nicht durch eine vorherrschend für weiß gehaltene Fläche getäuscht werden. *v. Kries* anerkennt als sicher beweisend auch folgendes: Die Schwelle einer direkt gesehenen Stelle kann durch Belichtung der Umgebung verschoben werden; kleine farbige Objekte büßen auf sehr hellem Hintergrund ihre Farbe ein. Da spielt die Erinnerung sicher keine Rolle, sondern es handelt sich um Wechselwirkung in der Netzhaut. — Ein schlagender Beweis stammt von *G. E. Müller*: Einem Grünblinden wurden zwei Hintergründe vorgezeigt, der eine grau, der andere grün, die ihm ganz gleich erschienen. Brachte man dann auf dem ersten ein kleineres graues Quadrat an, so erschien dasselbe grau, wenn auf dem zweiten, erschien es rot. Also obwohl das Grün nicht empfunden wurde und deshalb keine Urteilstäuschung bewirken konnte, übte es seine richtige Kontrastwirkung aus, die empfunden werden konnte.

Die einzige Frage kann heute sein, ob die psychologische Erklärung wenigstens in zweiter Linie noch eine Rolle spielt. *Wundt* bringt dafür das Experiment: Ein graues Kreuz wird auf schwarzem Grund geboten, daneben ein graues Kreuz auf weißem Grund, über beiden durchsichtiges Papier. Dann erscheint das erste Kreuz fast weiß, das zweite fast schwarz. Schiebt man nun einen Verbindungsarm von gleichem Grau unter, so daß er die beiden horizontalen Kreuzbalken ver-

bindet, so ändert sich allmählich (!) der Eindruck, indem der Unterschied der Kreuze verschwindet. (Wie das Wort „allmählich" beweist, handelt es sich da schon nicht mehr um reinen Simultankontrast.) — *v. Kries* führt an: Soll man die Helligkeit eines weißen Papiers und eines daneben durch das Fenster gesehenen, durch die Sonne stark beleuchteten schwarzen Schieferdaches vergleichen, so wird man das erste weiß, das zweite schwarz „sehen"; nur künstlich gelingt es, den Gedanken an die Gegenstände zu entfernen und die Farbenempfindungen zu vergleichen. — Der Kontrast hat ferner auch auf andern Gebieten so manche Analogien, daß vielleicht eine einfache physiologische Erklärung nicht genügt, z. B. beim Bewegungskontrast. — Die genannten Erscheinungen sind zweifellos richtig, und wir werden sie später noch um vieles zu vermehren haben. Vorläufig genüge die Feststellung, daß jedenfalls auch ein von dieser psychologischen Verarbeitung wesentlich verschiedener Empfindungskontrast besteht, der physiologisch zu erklären ist und den wir hier allein zu besprechen haben.

6. Über den Ort und die Natur des Kontrastes bestehen nur Vermutungen. *G. E. Müller* nahm früher im Sinn der engeren *Hering*schen Theorie an, der Kontrast trage dazu bei, daß nach geschehener Lichteinwirkung die Netzhautstelle sich schneller erhole, was bei zentralem Sitz des Kontrastes unerklärlich wäre. Auch die im vorigen dargestellte frühere Fassung seiner Farbentheorie war auf der Annahme der antagonistischen Netzhautprozesse aufgebaut. So wäre bei dem ebengenannten Grünblinden der Rotprozeß und Grünprozeß mit ihrer Kontrastwirkung aufeinander erhalten. Nur fiel die Erregbarkeit des Sehnerven für Grün bei ihm aus. — Dagegen wären nach *Tschermak* die Netzhautelemente für die Kontrastwirkung nicht nötig. Denn es gibt Kontrast auf Farben-Skotomen; so wurde in einem Fall bei Ausfüllung durch satteste Farben in einem Skotom nur farblose Helligkeit zur Wahrnehmung gebracht; ließ man aber neben dem Ort eine satte Farbe einwirken, so erschien das im Skotom gesehene graue Quadrat gegenfarbig. Ja sogar der blinde Fleck soll nach *Aubert* und *Helmholtz* Kontrastfärbung zum übrigen Gesichtsfeld annehmen können, wo doch sicher keine Netzhautelemente beteiligt sind. Nach *Köllner* (1916) zeigt sich bei passender Bedingung Nebenkontrast und gleichsinnige Induktion ebenso sicher und stark binokular wie monokular. *Guttmann* (1920) fand freilich bei einem Farbenschwachen, der sonst übernormale Kontrastwirkung zeigt, den binokularen Kontrast nicht. Aber ein negatives Versuchsergebnis entwertet natürlich nicht die gegenteiligen positiven. In der neueren Fassung seiner Farbentheorie, auf die wir noch kommen, nimmt auch *G. E. Müller* an, daß der Kontrast sich nicht auf der Netzhaut bilde, sondern jenseits der *Gratiolet*schen Sehstrahlung, also zentral.

Damit verliert die weitere Ausführung der *Hering*schen Theorie freilich viel von ihrer Wahrscheinlichkeit und wird nur noch eine Umschreibung der Tatsachen, ohne daß man sähe, wie und warum die verschiedenen Stellen so aufeinander wirken. Hier greift die Theorie von *F. W. Fröhlich* ein (1921), die den Nebenkontrast auf den Nachkontrast zurückführt. Die erregende Ursache der Kontrasterscheinungen ist ihm das zerstreute Licht im Auge. Daraus, daß dessen Nachbildphasen und die des eigentlichen Bildes einen zeitlich verschiedenen Ablauf haben, entsteht der Schein einer Wechselwirkung zwischen beiden. Die nähere Ausführung müssen wir hinter die Behandlung der Nachbilder zurücksetzen.

§ 9. Die zeitliche Entwicklung der Empfindung während der Reizdauer.

Wirkt ein Reiz auf die Netzhaut, so wird die betreffende Stelle „umgestimmt", so daß sie 1. nach einiger Reizdauer auf den bleibenden Reiz nicht mehr mit der alten Empfindung antwortet; und 2. nach dem Aufhören des Reizes selbsttätig eine Farbenempfindung liefert, das Nachbild.

Beide Wirkungen durchkreuzen sich beständig. Wir nehmen aber der Klarheit halber den Fall voraus, wie die Empfindung sich bei dauerndem gleichen Reiz gestaltet.

1. Das Ansteigen der Empfindung bei dauernder Reizeinwirkung. Die Gesichtsempfindung braucht, wie man annimmt, $^1/_6$—$^1/_{10}$ Sekunde, um sich zur vollen Höhe zu entwickeln. Bei Farben wird angegeben, daß das Ansteigen noch viel länger dauere, etwa $^1/_2$ Sekunde, und zwar für alle Farben gleich lang.

Genauer erfolgt nach *M. Büchner* (PsSd 2 [1907] 1 ff.) bei Dunkeladaptation der Helligkeitsanstieg in Schwankungen der Schnelligkeit und erreicht sein Maximum in 100—200 σ mit der dritten Schwingung. Bei Helladaptation und größeren Helligkeiten wird das Maximum immer früher erreicht, bei 60 Meterkerzen schon mit 33 σ. *A. Lehmann* findet: Die Kurven des Anstieges der Helligkeit zeigen für Reize unterhalb der Blendungsschwelle (d. h. deren Helligkeit eine Blendungsempfindung hervorruft) den von *Exner* angegebenen Verlauf. Es gilt da die Formel für die Zeit der Erreichung des Maximums: $T_m = a - a_1 \cdot \log R$, wo a und a_1 Konstanten, R die Intensität des Reizes. Die Formel zeigt, daß das Maximum um so eher erreicht wird, je höher der Reiz. Oberhalb der Blendungsschwelle wirkt die hinzukommende Blendungsempfindung als Hemmung; der Lichtreiz wirkt wie ein schwächerer Reiz. Die Kurve des Anstieges ist bei schwächeren Reizen anfangs steil, später langsam steigend und erreicht in etwa einer Sekunde das endgültige Maximum. Bei stärkeren Reizen wird ein Maximum schneller erreicht und steigt erst dann zum endgültigen Maximum auf, nach etwa 1—3 Sekunden, um so später, je stärker der Reiz.

B. Berliner (PsSd 3 [1908] 91 ff.) beobachtete den Sättigungsanstieg von Weiß gleicher Helligkeit bis zur reinen Farbenerregung, bei Pigmentfarben wie spektralen Lichtern. Das endgültige Maximum findet er bei etwa 300 σ; davor finden sich relative Maxima mit Einsenkungen zwischen ihnen. Der Sättigungsanstieg war vom Farbton und in weiten Grenzen auch von der Sättigung unabhängig. Bei größerer Helligkeit ist er nur rascher und steiler. Es erhebt sich dann an einem früheren Punkt ein zunächst relatives Maximum, das bei größerer Helligkeit zum definitiven wird. — Ebenso zeigt der Anstieg von einer Farbe zu einer andern nichtkomplementären Einsenkungen sowohl im Farbton wie in Sättigung.

Eine ganz andere Frage ist die nach der kleinsten Zeit, bei der ein farbiger Reiz eben als farbig erkannt wird, die Farbenzeitschwelle. Sie liegt bei verschiedenen Farben nach *Martius* zwischen 1—3 σ; ähnlich *Berliner;* nach *Guttmann* für Pigmente nahe bei 10 σ, für Spektralfarben aber bis herab zu 0,2 σ. Nach *Brückner* und *Kirch* (ZPs II 46, 229 ff.) steigt diese Schwelle von Rot über Gelb, Grün bis Blau. Die Werte sind kleiner bei großer Pupille, großem Feld, hellerer Lichtstärke, auf lichtlosem Grund unter 1 σ, während sie bei vorausgehenden und folgenden grauen Feldern diesen proportional ansteigen. Die meisten Farben wurden schon bei der Schwelle richtig erkannt.

Müller erklärt das allmähliche Ansteigen als Beispiel der photochemischen Induktion. Das Licht wirkt etwa nicht direkt auf das Schwarz-Weiß-Material, sondern auf ein Nebenmaterial ($a\ b$) im Sinn der Zerlegung in ($a + b$); erst ein weiterer Prozeß ($a + c$) = ($a\ c$) sei der Weißprozeß; so wird dieser anfangs nur sehr langsam vor sich gehen, weil die Atome a nicht gleich in genügender Menge getrennt vorliegen, sondern erst durch Zerlegung des Nebenmaterials ($a\ b$) gewonnen werden müssen. Sobald das genügend geschehen ist, kann der Weißprozeß auch

energischer verlaufen und damit die Intensität der Weißempfindung, die an die Stärke des begleitenden Prozesses gebunden ist, zunehmen.

2. Die Veränderung der Empfindungen bei längerer Reizdauer. Die allgemeine Regel lautet hier ähnlich wie für den Farbenkontrast: Jede Reizung vermindert die Disposition für dieses Licht und erhöht diejenige für das gegenfarbige Licht. Der einfachste Fall ist das Nachlassen der Helligkeit und Farbigkeit einer länger fixierten Fläche gegen einen mittleren Wert hin, die Lokaladaptation *Herings*.

Nach *Hub. Sheppard* (AmJPs 31 [1920] 34 ff.) verschwindet die Farbe zuerst in der Peripherie, dann immer mehr gegen das Zentrum hin, in etwa $^3/_4$—4'. Bei reinen Spektralfarben steigt die Adaptationszeit von Rot bis Gelb, sinkt dann bis Violett, fast genau entsprechend dem Gang der Helligkeit. Die Adaptation offenbart sich subjektiv als Erscheinen eines Schleiers oder Nebels, der die Sättigung immer mehr schwächt. Wenn die Intensität der Spektralfarbe sehr hoch ist, ergibt die Adaptation kein neutrales Grau mehr und steigt die Neigung zu Augenbewegungen sehr stark an. Doch gelang es, durch strenge Fixation auch bei hellen Farben immer, in etwa 4' volle Adaptation zu erreichen; nur war dann der Prozeß sehr schmerzlich (wegen übermäßiger Kontraktion der Pupille) und der Schmerz dauerte tagelang an.

Neben der Sättigungsabnahme geht auch eine Änderung des Farbtones einher nach dem Prinzip, daß sich alle übrigen Farben einem gewissen Gelb und Blau nähern, außer vier unveränderlichen Farben, wie *Exner, v. Kries* und *Heß* feststellten. Wir hörten schon früher, daß die unveränderlichen Farben nicht ganz genau mit den Urfarben zusammenfallen. Bei längerer Fixation nähern sich alle Farben den Grauwerten. Bekanntlich erscheint das gelbliche Lampenlicht allmählich weiß; wenn man länger durch ein helles, gelbes Glas blickt, erscheint wieder alles weiß.

Der Persistenzsatz (zugleich von *v. Kries* und *Hering* nachgewiesen): Bei Helladaptation (also z. B. bei kleinen fixierten Feldern) bleiben die optischen Gleichungen bestehen, wenn man auch die Stimmung des Auges durch beliebige Belichtungen ändert. — Man stellt etwa ein Weiß aus Rot + Blaugrün und ein gleich aussehendes Weiß aus Gelb + Blau her. Ermüdet man dann die Netzhaut für Rot, so erscheinen die Mischungen nicht mehr weiß, sondern blaugrün gefärbt; aber beide erscheinen gleich. Das ist auffallend; denn da sie bloß für Rot ermüdet ist, könnte man meinen, es müsse bloß die eine Mischung beeinflußt sein, nicht die andere, die kein Rot enthält. Damit ist jede Farbentheorie unvereinbar, die annimmt, im Weiß sei die Roterregbarkeit noch vorhanden; dann könnte die Ermüdung nicht so gleichmäßig wirken (*Müller*).

Durch Weißermüdung wird, wie gesagt, auch die Befähigung des Auges für die Farben geschwächt. Eine Folge der Lokaladaptation ist es auch, daß bei verschieden hellen Teilen der Unterschied der Helligkeit immer mehr nachläßt.

Eine Verwicklung bringt das Zusammenwirken mit dem Kontrast zwischen fixierter weißer Scheibe und farbiger Grundlage hinein. Hier schlägt der anfängliche Kontrast bei längerem Betrachten in die gleichsinnige Lichtinduktion um, d. h. auf der fixierten Fläche breitet sich nach Ablauf des Kontrastes die Farbe des Grundes auf der Scheibe aus, die diese allmählich überzieht, bis schließlich Scheibe und Farbe ineinander verschwimmen. So fand *Kuhnt*: Auf Rot und Grün dauert der Kontrast mehrere Sekunden, dann gleichfarbige Induktion, durch mehrere Sekunden zunehmend, schließlich unterschiedsloses Übergehen der Scheibe in die Farbe des Grundes. Bei blauem Papier fehlte die Kontrastphase völlig, es fing

sofort Blaufärbung an. Ähnliche Beobachtungen hatten schon *Aubert, Fechner, Helmholtz* gemacht, wo auch häufig die erste Kontrastphase fehlte oder höchstens an den Rändern sichtbar war.

3. Die periodischen Reize. Mischt man auf dem Farbenkreisel weiße und schwarze Sektoren, so ist die Helligkeit des entstehenden Grau dieselbe, als ob die objektive Lichtintensität des weißen Sektors gleichmäßig über die ganze Fläche der Scheibe ausgebreitet und entsprechend geschwächt wäre. Das ist das Gesetz von *Talbot.* Für genauere Angaben muß man bei der Summation den Weißwert der Schwarzsektoren mitrechnen, der durchaus nicht Null ist. Ein gewöhnliches Schwarz hat etwa $^1/_{30}$ der Helligkeit des Weiß.

Das Gesetz ist eine Anwendung des allgemeineren Gesetzes der photographischen Reziprozität: Der chemische Umsatz ist gleich dem Produkt aus Reizstärke mal Reizdauer. Mit halber Öffnung muß man eine photographische Platte doppelt so lang belichten, um das gleich starke Bild zu erhalten. Das gilt auch für das Auge, wenn es sich um sehr kleine Zeiten handelt. *Charpentier* bestätigte das für Zeiten von 2—125 σ. Also ein helles Papier, das die halbe Zeit wirkt (180^0 W + 180^0 S), erscheint gleich einem halb so hellen Papier, das die ganze Zeit durch wirkt (360^0 von Weiß der halben Intensität).

Die Zeit. welche eine Umdrehung der Scheibe braucht, damit gerade das Flimmern aufhört und vollkommene Verschmelzung eintritt, heißt die „kritische Periode". T; die dazu reziproke Zahl von Umdrehungen in der Sekunde ist die „Verschmelzungsfrequenz". Die kritische Periode hängt ab von der Unterschiedsempfindlichkeit des betreffenden Auges, der Helligkeit der Sektoren, ihrer Zahl und relativen Größe. Sie ist um so kürzer. je weniger Sektoren die Scheibe hat. T war am kleinsten. wenn die verschiedenfarbigen Sektoren gleich groß waren; sie wurde größer. wenn Schwarz relativ zunahm. und noch mehr, wenn Weiß zunahm. wie schon *Marbe* gefunden hatte. Nimmt man zwei gleiche Sektoren an (schwarz und weiß). so steigt die Verschmelzungsfrequenz mit zunehmender Intensität des Lichtes. etwa zwischen 10 und 70 Drehungen in der Sekunde. Bei Dunkeladaptation steigt sie mit zunehmender Adaptation von 10 bis 17. Der Dämmerungsapparat hat eine geringere zeitliche Unterscheidungsfähigkeit als der Tagesapparat. Man hat die Verschmelzungsfrequenz benutzt. um die Helligkeit einer bunten Farbe zu bestimmen. indem man Farben, die unter gleichen Umständen die gleiche Verschmelzungsfrequenz haben wie ein bestimmtes Grau (die „flimmeräquivalent" sind), als gleich hell mit ihm betrachtet.

Vergleicht man die zeitliche Verschmelzung mit der früher beschriebenen räumlichen (S. 56). so zeigt sich neben andern dort genannten Verschiedenheiten auch die Reihenfolge der Farben. die mit gleich hellen grauen verschmelzen, verschieden. Räumlich folgen sich: Blau, Grün. Gelb, Rot, das in weitester Entfernung verschmilzt; d. h. die Verschmelzung folgt hier der scheinbaren Helligkeit. während für die zeitlichen Verschmelzungen die wirklichen Helligkeiten maßgebend sind.

§ 10. Nachwirkungen des Lichtreizes (Nachbilder).

Literatur. *F. W. Fröhlich,* ZPs II 52 und 53, verschiedene Artikel.

1. Der allgemeine Verlauf der Nachbilderscheinungen. Aus der großen Entwicklungsreihe greift die Sprache gewöhnlich nur zwei auffallende Phasen heraus, das positive und das negative Nachbild. Das

positive Nachbild wird besonders gut durch einen kurzen, starken Reiz erzielt, nach *Helmholtz* von $^1/_3{}''$, während für das negative, den sukzessiven oder Nachkontrast, das beste ist, einen Gegenstand von gewöhnlicher Helligkeit länger (etwa eine halbe Minute) zu betrachten und dann auf eine helle Fläche zu blicken.

Für die Beobachtung ist die Methode günstig, bei ruhendem Auge ein leuchtendes Objekt vorbeiwandern zu lassen; dann erscheinen die Phasen des zeitlichen Verlaufs räumlich nebeneinander geordnet. Die Ergebnisse der Forscher gehen noch vielfach auseinander. Eine neueste Beobachtung von *Fröhlich* kann uns einen Überblick über die Verhältnisse bei kurzer Reizdauer geben. — Dem Lichtreize folgt nach sehr kurzer dunkler Phase:

a) das erste positive Nachbild, das *Hering*sche Nachbild, dem Reiz gleichfarbig und etwas weniger hell. Bei geringer Intensität ist es vom Reiz überhaupt nicht getrennt, sondern verlängert ihn nur etwas. Bei größerer Reizintensität erscheint darin ein vorderer (d. h. früherer), hellerer und ein hinterer, dunklerer Abschnitt, welch letzterer sich schließlich als Nachbild lostrennt. Bei noch größerer Intensität nähert er sich wieder dem Reiz bis auf 0,035″. Bei farbigen Reizen verlangt aber die Trennung der Phase größere Intensität; bei Rot gelingt sie kaum.

b) Nach einer dunklen Phase folgt das zweite, das *Purkinje*sche Nachbild, positiv an Helligkeit und komplementär an Farbe, aber weniger gesättigt und hell wie der Reiz. Es macht oft den Eindruck eines zweiten Reizes, heißt auch Satellit. Es fehlt bei geringerer Reizintensität und entwickelt sich erst bei etwas größerer aus der folgenden dritten Phase, indem diese einen hellen Rand bekommt, der sich durch eine dunkle Stelle abtrennt. Bei größerer Intensität rückt es dann näher an den Reiz heran und dauert auch länger. Erst bei noch größerer Intensität tritt auch das *Hering*sche Nachbild hinzu. — Es folgt wieder eine dunkle Phase, von einem Lichthof umgeben, der allmählich verschwindet, und dann taucht

c) die dritte positive Nachbildphase, die gewöhnlich positives Nachbild genannt wird, auf, steigt in Helligkeit bis zu ihrem Höchstwert an und verschwindet allmählich (*Goldschmidt*). Diese Phase ist positiv und gleich gefärbt, aber wenig gesättigt. Sie erscheint schon bei schwächerer Intensität als die andern. Bei stärkerem Reiz tritt sie später auf und dauert länger an. Sie ist wie jedes Nachbild begünstigt, wenn man den Blick ruhig hält. *Goldschmidt* (PsSd 6 [1910] 159 ff.) maß die Helligkeit der dritten Phase im Augenblick des hellsten Erscheinens durch Vergleichung mit einer Maßhelligkeit. Während die Reize zwischen 2,44 und 244 einer gewählten Einheit lagen, betrugen die Nachbildhelligkeiten nur zwischen 0,37 und 0,96. Er bestätigt auch die Bemerkung von *Helmholtz,* die *Hering* auch auf das negative Nachbild ausdehnte, daß bisweilen im positiven Nachbild noch Unterschiede wahrgenommen werden, die beim direkten Anblick wegen zu großer Helligkeit nicht bemerkbar waren. Nach *Miles* (BrJPs 7 und 8) kann das Nachbild stark verlängert werden, wenn man nachher das geschlossene Auge rhythmisch bestrahlt. Von einem Fensterkreuz, das er bei schwachem Licht 15″ fixiert, erhielt er so ein 11′ dauerndes Nachbild.

In den zwischenliegenden dunklen Phasen ist bei geschlossenen Augen das Eigenlicht geschwächt, ebenso das Licht einer etwa betrachteten mäßig beleuchteten Fläche. Auch die rhythmischen Verdunklungen lichtschwacher Objekte in Intervallen von 20—30″ gehören wohl hierhin, da ähnliche Pausen zwischen den Nachbildern nach längerer Fixierung auftreten.

2. Die Bedingungen des positiven Nachbildes.

a) Größere Beleuchtungsstärke steigert Dauer und Helligkeit der dritten Phase, die bis 20″ ansteigen kann. Bei Sonnenbestrahlung des Objektes treten

noch neue Phasen auf, in Intervallen von 20—30″. Auch kurz dauerndes Verdunkeln bewirkt einen periodischen Nachbildverlauf (*Hering*). Führt man bei feststehenden Augen eine Nadel am hellen Untergrund vorbei, so folgt ihr in kurzem Abstand ein ebenfalls dunkles Nachbild; unter Umständen kann man auch das komplementäre *Purkinje*sche und die gleichgefärbte dritte Phase zeigen. — Größere Dauer des Reizes wirkt wie größere Intensität, bis zu einer Dauer von 1—2″. Darüber hinaus wird die Helligkeit der positiven Phasen vermindert, die der negativen vermehrt (die Bedingungen des negativen Nachbildes!). — Die Farbe des Reizlichtes wirkt (neben den komplementären Phasen) wie geringere Helligkeit. Besonders verlangt Rot viel größere Intensität, um alle Phasen zu erzielen. — Die Größe des Reizes wirkt wie größere Helligkeit; ebenso die Dunkeladaptation, wobei die Phasen heller sind, sich schneller folgen und länger im ganzen Verlauf dauern. — Die Netzhautstelle wirkt durch ihre Erregbarkeit. Da letztere im gelben Fleck geringer ist, verhält er sich wie bei niederem Reiz. Die Nachbildphase kommt dort später oder fehlt bei geringerer Intensität. — Ermüdung läßt Helligkeit, Dauer und Deutlichkeit der Erscheinungen abnehmen.

b) Die Zunahme der Dauer des Reizes verwandelt die schnell ablaufenden Phasen in langsamere. Das Sehzentrum stellt sich auf langsamere Reaktionsweise ein. Das *Hering*sche Nachbild dauert dann länger, so daß es schon irrig als „gleichgefärbtes *Purkinje*sches Nachbild" aufgefaßt wurde. Es rückt dem Reiz näher, in den es schließlich übergeht. Bei einer gewissen Intensität des Rotreizes und längerer Dauer zeigt das *Purkinje*sche Nachbild in der Mitte, die über den gelben Fleck hinweggeht, eine rote Stelle; bei größerer Intensität wird es ganz rot; bei kleinerer ganz grün. Hier hat die mittlere Gegend durch die Beleuchtung von beiden Seiten her höhere Reizintensität und deshalb einen andern zeitlichen Verlauf wie die Ränder. Dazu gehört wohl die Beobachtung von *Bidwell,* daß man bei Drehung einer halb weißen, halb farbigen Scheibe den Gesamteindruck der Komplementärfarbe herstellen kann.

c) Bei Dunkeladaptation tritt gelegentlich bei größerer Intensität noch eine vierte positive Phase auf, von der dritten durch ein länger dauerndes Intervall getrennt. Bei immer größerer Intensität verschmelzen wieder die erste und die zweite Phase mit dem Reiz, schließlich auch die dritte. Nach *v. Kries* verschwindet das *Purkinje*sche Nachbild, wenn es über den gelben Fleck geht, was *Heß* leugnet. *Fröhlich* weist beides unter verschiedenen Bedingungen nach. Bei Helladaptation ist dieses Nachbild bei allen Intensitäten sichtbar, die es überhaupt getrennt zulassen; nur zeigt es eine Ausbuchtung der Phase nach rückwärts. Geht man bei folgender Dunkeladaptation auf die Schwelle des *Purkinje*schen Nachbildes herab, so fällt es hier im gelben Fleck aus. Dagegen erscheint es wieder mit Ausbuchtung, wenn man den Reiz verstärkt. Bei farbigen Reizen und sehr hoher Dunkeladaptation spaltet sich schließlich das Nachbild: sehr schwache Intensitäten wecken dann ein tonfreies Bild, stärkere ein komplementär gefärbtes. Die Ausbuchtung beweist, daß die Erregbarkeit des gelben Fleckes auch schon bei Helladaptation etwas schwächer ist. Dieselbe schwächere Erregbarkeit zeigt sich übrigens für alle Nachbildphasen. Auch die *Hering*sche Phase zeigt eine Einkerbung oder einen Ausfall bei niederem Reiz. In der dritten Phase zeigt sich, daß mit der Dunkeladaptation zunehmend das vordere Ende der Phase stärker konvex gekrümmt ist.

3. Das negative Nachbild. *Homuth* (ArGsPs 26 [1913] 181 ff.) läßt das dunkeladaptierte Auge 1—4′ lang den Lichtreiz fixieren und beobachtet dann das Abklingen in dunklem Raum. Man kann im Bild Kern und Rand unterscheiden, darum den näheren Kontrastrahmen und den Hof, die alle im Nachbild zum Vorbild negativ gefärbt sind. Der oft schmale Rand erscheint schon im Vorbild heller als der Kern (Binnenkontrast), bis zu Weiß und nur noch schwacher

Andeutung der Farbe. Im Nachbild wird dagegen der Rand dunkler als der Kern und seine Qualität eilt der des Kernes voraus. Allmählich weicht dann ihre Verschiedenheit einer einheitlichen Färbung. Der Rahmen hob sich im Vorbild erst allmählich heraus und zeigt zum Kern gegenfarbige Streifen; im Nachbild ist er von relativ blendender Helligkeit, in einem weißlichen Farbenton. Es erscheinen darin lebhaft flimmernde Wellenzüge, wie wimmelnde Würmer. Der Hof endlich ist im Vorbild vom Rahmen nicht geschieden. Seine Farbe steht oft der Reizfarbe oder Gegenfarbe nahe. Sie legt sich in den Pausen über das mittlere Bild.

Die Bedingungen des negativen Nachbildes untersucht *Juhász* (ZPs 51 [1920] 233 ff.).

a) Intensität des Vorbildes: Wurde der farbige Reiz auf dunklem Grund 30″ lang fixiert, so war bei weißer Projektionsfläche die Dauer und Deutlichkeit des Nachbildes um so größer, je intensiver das Vorbild gewesen (was schon *Helmholtz* fand), während seine Latenzzeit nicht merklich beeinflußt wurde. Die Dauer ging hier bis 50″ und darüber.

b) Fixationshintergrund: Ein hellfarbiges Objekt gibt bei Darbietung auf schwarzem Grund eine kürzere Latenzzeit und längere Dauer des Nachbildes als auf hellerem Grund. Bei einem dunklen Vorbild ist es umgekehrt. Und zwar ist die Dauer des Nachbildes um so länger und seine Latenzzeit um so kürzer, je stärker das Vorbild mit seinem Grund kontrastiert.

c) Dauer des Vorbildes: Bei einer sehr kurzen Fixation erscheint kein Nachbild oder ein positiv gleich gefärbtes. Mit 5—7″ beginnt das negative Nachbild, das zunächst längere Latenzzeit (etwa 7″) hat. Wird die Fixation des Vorbildes immer länger (bis 15″), so nimmt die Latenzzeit immer mehr ab, von da an bleibt sie konstant (etwa 2″). Auch die Dauer des Nachbildes steigt dann mit der Dauer der Fixation, doch über 1′ wenig regelmäßig (hier um 40″ herum).

d) Helligkeit des Projektionsfeldes: Die Nachbilder erscheinen früher und verschwinden schneller auf hellerer als auf dunklerer Projektionsfläche (geschlossenen Augen). Ist die Projektionsfläche objektiv verschieden, aber subjektiv gleich, so verschwindet das Nachbild eher auf dem objektiv helleren Feld. Sind die Felder nur subjektiv verschieden, so verschwindet es eher auf dem subjektiv helleren. Das weiße Licht der Fläche beschleunigt offenbar den Nachbildprozeß.

Zur Erklärung weist *G. E. Müller* auf das Gesetz: Der objektive Weißzusatz ändert den Farbenton so wie die physikalische Herabsetzung der Intensität des Lichtes (§ 3); der subjektive Weißzusatz (durch Kontrast oder Nachbilder) so, daß der spezifisch hellere Bestandteil der Mischfarbe mehr hervortritt. Bei objektivem Weißzusatz wird eben die gleiche Substanz durch die Farbe und das weiße Licht benutzt, was erstere benachteiligt. Dagegen brauchen die Netzhautprozesse nicht abgeschwächt zu werden, wenn die Weißerregung auf Vorgängen beruht, die sich erst hinter der Zone des Netzhautprozesses abspielen. Vielmehr tritt dann eine Verschiebung nach psychologischen Gesetzen, nach der Verwandtschaft zu Weiß oder Schwarz ein. Deshalb nähern sich bei subjektivem Weißzusatz Gelbrot und Gelbgrün dem helleren Urgelb, Violett dem Rot, Grünblau dem Grün, d. h. immer dem weißlicheren. Dagegen nähern sich bei objektivem Weißzusatz zwar ebenso Gelbgrün dem Grün und Violett dem Rot (nach der Regel der herabgesetzten Intensität), aber abweichend vom vorigen Rotgelb dem Rot und Gelbgrün dem Grün. Das Nachbild auf verschiedener Projektionsfläche ist zentraler Art, weshalb die Regel vom subjektiven Weißzusatz gilt. Das bestätigt sich in der Tat. Ist das Nachbild von Violett grüngelb, so erscheint es auf schwarzer Projektionsfläche mehr grünlich, auf weißer mehr gelblich usw.

Das erklärt auch frühere auffallende Ergebnisse *Exners*. Wenn man intensives Licht durch rote Gelatine kurz betrachtet, ist das Nachbild bei Augenschluß erst

gelb (positives Nachbild des gelb erscheinenden starken roten Lichtes); dann tief blau; projiziert man nun auf eine weiße Fläche, so ist es grünblau, wie schon *Exner* fand. Es kommt eben auf der hellen Fläche der hellere Bestandteil der Mischfarbe mehr zur Geltung, auf der dunklen mehr das dunkle Blau.

e) Ausdehnung des Vorbildes: Mit größerer Ausdehnung nimmt die Latenzzeit ab, die Dauer des Nachbildes zu (hier von 16″ bis 40″). Je größer das fixierte Objekt, desto schöner, ausgeprägter und gesättigter wird das Nachbild. Bei zu kleiner Ausdehnung gibt es kein Nachbild (Schwelle).

Zur Helligkeitsbestimmung gehört der Koeffizientensatz: Das negative Nachbild steht zur absoluten Helligkeit der Projektionsfläche in einem annähernd konstanten Verhältnis, d. h. wächst mit ihr proportional.

Voraussetzung ist, daß gleiche Adaptation besteht und daß die Reize nicht zu schwach sind, wo Eigenlicht und Nachbilder störend eingreifen. Dann ist der Satz nach *Wirth* gültig. *A. Lehmann* findet (Die körperlichen Äußerungen usw. 3, Formel 40—43), daß die angegebenen Beobachtungen den Satz nicht beweisen, da die Abweichungen vom Gesetz nicht unregelmäßig seien. Das negative Nachbild besteht nach ihm überhaupt darin, daß ein (durch das Vorbild) hell adaptierter Teil der Netzhaut von einem folgenden Reiz schwächer erregt wird als ein nicht hell adaptierter Teil. Für den Bruchteil μ, um den der reagierende Reiz anscheinend vermindert wird, gilt genauer:

$$\mu = m + n \log (H_c/H),$$

wo m und n Konstanten sind, H_c der Reiz (das Vorbild), an den die Netzhaut adaptiert ist, H die Helligkeit der Projektionsfläche.

Auf die Lokalisation des Nachbildes kommen wir später zurück.

4. Die Abnormitäten des Abklingens: Zu den Unregelmäßigkeiten gehört das farbige Abklingen bei stärkeren Erregungen. Das positive Nachbild ist etwa erst grünblau, dann blau, violett; kommt dann ein dunkles Nachbild, so ist es zuerst schmutzig-orange, dann schmutzig-grüngelb. Eine Erklärung ist noch nicht gelungen. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Vorgänge in den drei Farbensinnen nicht ganz unabhängig voneinander verlaufen werden. Hierher gehören auch die merkwürdigen Farbenerscheinungen, die bei langsam gedrehten Scheiben mit weißen und schwarzen Sektoren auftreten. Man sieht oft auf der weißen Fläche radiale schwarze Bänder (die Bänder von *Charpentier*); bei schnellerer Bewegung erscheinen verschiedene Farben (die *Fechner*schen Farben).

Nach *Baley* begünstigt Zukneifen der Augen manche Kontrast- und Nachbilderscheinungen. Auch treten dann bei neutralen Reizfarben nach längerer Fixation leicht bunte Farben auf. Eine weiße Fläche erscheint dann grünlich; eine schwarze rötlich; bei größerer Dämmerung gelblichgrün oder grün.

Eine andere Erscheinung sind die nach Aufhören des Reizes sich bisweilen einstellenden schnellen Oszillationen, die schon *Charpentier* beschreibt; ebenso *Bidwell* und *McDougall*, der 25 in der Sekunde zählt und sie zwischen Reiz und *Purkinje*schem Nachbild beobachtete, während sie von andern niemals bestätigt werden konnten. Nach *Fröhlich* ist das verständlich, weil sie pathologisch sind, der Anfang eines Flimmerskotoms infolge von Nervenschwäche. Das Flimmern tritt nach starkem Lichtreiz auf, unterscheidet sich vom Nachbild durch seine große Schnelligkeit und konstante Frequenz (bei *Fröhlich* 20 in der Sekunde), die unabhängig von Intensität, Dauer und Farbe der Beleuchtung ist. Dagegen dauert es mit der stärkeren Reizstärke länger und wird intensiver. *Fröhlich* sieht darin eine Erscheinung, die zum nervösen Zittern gehört, womit es auch gleiche Frequenz hat.

5. Theorien der Umstimmung.

a) Die *Fechner-Helmholtz*sche Theorie führt alles auf Ermüdung für die umstimmende Farbe zurück. Längere Einwirkung erschöpft die nervöse Substanz, so daß die Empfindungsintensität bei gleichbleibendem Reiz allmählich sinkt. Deshalb werde Weiß immer dunkler. Ist der Reiz farbig, so wird eine der drei Elementarempfindungen ganz besonders geschwächt, wodurch sie der Gleichheit mit den andern näher gebracht wird, weshalb die Sättigung der Farbe abnimmt. Wird nun auf weißen Hintergrund geblickt, so tritt die mehr geschwächte Elementarerregung zurück und erscheint komplementäre Färbung: komplementäres Nachbild. Daß selbst bei geschlossenen Augen ein negatives Nachbild auftreten kann, beruht auf dem nach dieser Ansicht starken Eigenlicht der Netzhaut. Das positive Nachbild wird als Nachwirkung der vorherigen Reizung erklärt.

Indessen müßte dann schon nach kurzer Zeit eine sehr große Ermüdung eintreten, da das Nachbild schon nach wenigen Minuten sehr stark ist. Da nun beständig alle Komponenten gleichzeitig positiv erregt sein sollen, bliebe gar kein Raum für Erholung. Nach *Fick* und *Gürber* ist auch nach zehnstündigem Aufenthalt in gleichmäßig erhelltem Raum die Empfindlichkeit des Auges nicht merklich geändert. Also kann von jener hochgradigen Ermüdung nicht die Rede sein.

b) Die *Hering*sche Erklärung zieht statt dessen den Gegensatz der Sehprozesse heran. Wird ein Punkt im Sinn der Erhöhung der Dissimilation gereizt, so wird dadurch von selbst immer mehr Assimilationsmaterial angehäuft, das Dissimilationsmaterial dagegen vermindert. So erklärt sich die Lokaladaptation dadurch, daß die Dissimilation immer schwächer wird und durch innere Reize die Assimilation immer stärker, so daß die Farbe sich der Neutralität nähert. Hört dann der äußere Reiz auf, so stellt sich das Gleichgewicht wieder her, indem Assimilation einsetzt, und es erscheint das negative Nachbild. So begreift sich, daß negative Nachbilder eine hohe Intensität annehmen können; ferner daß das Auge den ganzen Tag in Tätigkeit sein kann ohne wesentliche Ermüdung, indem durch die Gegenfarbe die Wirkung der vorigen Erregung völlig aufgewogen wird.

Sicher entspricht diese Theorie den Tatsachen im großen und ganzen recht gut, wie auch *v. Kries* zugibt. Indessen können gegen die besonderen Ausführungen Bedenken geltend gemacht werden (*Müller*). So wäre dann zu erwarten, daß man bei längerer Betrachtung von Weiß zum selben Endergebnis kommen müsse wie bei Betrachtung von Schwarz, nämlich zum Punkt, wo Assimilation und Dissimilation sich das Gleichgewicht halten. Die erscheinende Farbe wäre ein Augengrau, wie *Hering* ausdrücklich es ausspricht. Dagegen zeigt die Erfahrung, daß man bei beliebig langem Aufenthalt in einem hellen Raum nicht zu derselben Schlußempfindung kommt, wie wenn man sich in einem ziemlich dunkeln Raum aufhält.

G. E. Müller vermeidet diese Schwierigkeiten, indem er entsprechend der Ausbildung seiner Farbentheorie statt des allgemeinen Antagonismus von Assimilation und Dissimilation den Gegensatz chemischer Reaktionen einführt und die Mitwirkung der Ernährungsvorgänge mehr betont. Durch den Blutstrom wird neues Material des durch den Reiz ein-

geleiteten Prozesses herbeigeschafft, umgewandeltes Material weggeschafft, und das um so stärker, je stärker der Reiz ist. Es tritt also das Gleichgewicht nicht erst dann ein, wenn die Intensität des Weißprozesses gleich der des Schwarzprozesses geworden ist ($I_W = I_S$), sondern sobald dieser Ernährungsvorgang soviel Material herbeiführt, als verbraucht wird, also $I_W - I_S$ konstant geworden ist. Da die Ernährungsvorgänge um so intensiver sind, je intensiver die Lichtwirkung, so wird bei erreichtem Gleichgewicht die Differenz $I_W - I_S$ desto größer sein, je intensiver das gegebene Licht war, ganz entsprechend der Erfahrung.

Im einzelnen ist für die Nachbilder darauf hinzuweisen, daß der Farbenprozeß nach *Müller* einen Doppelvorgang einschließt, die Gewinnung des Zwischenmaterials und daraus die eigentliche der Empfindung entsprechende Umsetzung (S. 75). Mit dem Aufhören des Reizes fällt die Umwandlung im Zwischenmaterial sofort aus; aber der zweite Prozeß geht wegen Anhäufung des Zwischenmaterials noch weiter, was die positive Phase erklärt. Ähnlich lassen sich die negativen Phasen erklären im Sinn des Hin- und Herschwankens des Wassers in kommunizierenden Röhren. Doch steht eine den Tatsachen in alle Einzelheiten folgende Durchführung noch aus.

Fröhlich erinnert auch an die periodischen Reflexe, die nach *Sherrington* eine Grundeigenschaft des Zentralnervensystems ausmachen. Der Wechsel der Gegenfarben hat im Wechsel der antagonistischen Muskelkontraktionen bei Reflexen seine Analogie.

Hier ist noch *Fröhlichs* Theorie des Kontrastes nachzutragen. Er erzielt positive Nachbilder von einem Lichtspalt von 30 mm Länge, der in der Mitte auf 5 mm durchbrochen ist, und durch das Gesichtsfeld wandert. Da zeigen sowohl die Lichtstreifen wie die dunkle Brücke ihre Nachbilder; und zwar besteht durchaus nicht, wie aus dem Kontrast zu erwarten, ein gegensinniges Verhalten zwischen den Phasen des eigentlichen Lichtreizes und denen des Mittelstreifens. Verändert man die Reizintensität, so verändern sich die beiderseitigen Streifen und zwar so, daß die Phasen des Mittelstreifens sich als Nachbilder eines Reizes von geringerer Intensität erweisen. Das gibt die Lösung. Die Nachbilder des Mittelstreifens stammen vom zerstreuten Licht, das von den Seiten her eindringt. Dazu stimmt noch, daß bei größerer Reizintensität die Phasenbilder des Mittelstreifens und der Randstreifen sich einander immer mehr nähern. Der Kontrast ist danach die Wirkung der Phasenverschiebung von Umfeld und Infeld infolge ihrer verschieden starken Beleuchtung. Die Irradiation des starken Lichtes auf die Umgebung ist nicht wesentlich davon verschieden, sondern bedeutet nur eine größere Lichtintensität, bei der die Phasenverschiebung geringer wird. Bei längerer Fixation eines hellen Lichtes von 1—2″ umgibt sich der Lichtspalt mit einem Lichthof. Nun veranlaßt auch eine nachherige Verdunklung Nachbildphasen. — Diese vielversprechende Erklärung müßte natürlich noch an den Einzelgesetzen des Kontrastes erprobt werden.

§ 11. Die Farbenblindheiten.

Literatur. *G. E. Müller,* Vorlesung über Farbenempfindung (nach meinem Manuskript aus der 1903 gehörten Vorlesung). — *Stilling,* Entstehung und Wesen der Anomalien des Farbensinns, in ZPs II, 44, 371 ff. — *W. Nagel,* Die Diagnose des Farbensinns, 1899. — *Hans Köllner,* Die Störungen des Farbensinnes, 1912.

1. Zum besseren Verständnis der Störungen des Farbensehens seien die Eigentümlichkeiten des normalen Farbensystems nochmals zusammengestellt. Solche sind: die langwellige Endstrecke im Rot. Im normalen Spektrum fehlen ferner Purpur und Rosa, ebenso Weiß. Bei sehr

hoher oder sehr niederer Intensität gehen alle Farben in Weiß über. Die komplementären Farben sind für alle Normalen sehr nahe übereinstimmend, soweit nicht die etwas verschiedene Färbung des gelben Fleckes stört. Das Helligkeitsmaximum liegt im Gelb. Das normale Farbensystem wird definiert durch seine Gleichungen und Ungleichungen, sowie durch die gefundenen Ähnlichkeiten. Einem Grünblinden wird etwa die Ähnlichkeit zwischen Grüngelb und Grünblau entgehen.

Begrifflich lassen sich die Klassen der Farbenblindheiten nach *Müller* teilen in: a) Systeme anormaler Absorption, wie im gelben Fleck, im Gelbwerden der Linse im Alter, das zu voller Blaublindheit führen kann. Es ist ein Stoff der Netzhaut vorgelagert, der gewisse Farben absorbiert. Diese Systeme haben folgende Eigenschaften. Die Wendepunkte im Spektrum sind nicht verschoben. Es werden alle Farben an der richtigen Stelle im Spektrum gesehen, aber in einer durch die Absorption veränderten Intensität. — Die spektrale Verteilung der Helligkeit ist verändert. — Die Störung gilt ebensowohl für das Dunkelauge wie für das Hellauge; wird Gelb stark absorbiert, so wird auch sein Dämmerungswert verändert. — Die normalen Farbengleichungen werden im allgemeinen nicht anerkannt; aber sie können immer zur Anerkennung gebracht werden, wenn man den einen oder andern Bestandteil entsprechend verstärkt; es hat eben jedes Licht dieselbe Wirkung wie im normalen Auge, nur in veränderter Intensität.

b) Die Alterationssysteme. Die charakteristischen Eigentümlichkeiten dieser Systeme sind: Die Lage der Wendepunkte kann eine andere sein. — Die spektrale Helligkeitsverteilung ist verändert. — Die Empfindungen und Gleichungen des Dunkelauges dagegen sind normal. — Es bestehen eigene Farbengleichungen, welche der Normale nicht anerkennt; und umgekehrt werden die normalen Farbengleichungen nicht anerkannt.

Besonders verbreitet sind die von *v. Kries* so genannten „anomalen Trichromaten", die besser Farbenschwache genannt werden. Denn *Guttmann* und *Nagel* fanden bei Tausenden von Untersuchungen nie verminderten Farbensinn, der nicht hierhin gehörte. Das Mittel zur Untersuchung gab *Rayleigh* an, nämlich eine Farbengleichung, wofür *Donders* noch die Wellenlängen genauer feststellte. Es wird ein Gelb (Natriumlinie 589) auf Gleichheit eingestellt mit einer Mischung von Lithium (670) und Thallium-Grün (535). Der eine Typus dieser Anomalen braucht dann bedeutend mehr Grün als die Normalen: die Grünanomalen, Grünschwachen. Der andere Typus verlangt umgekehrt mehr Rot: die Rotanomalen, Rotschwachen. In einem Fall dieses Typus bei *Donders* war das andere Auge normal. Die Peripheriewerte der Helligkeit stimmen mit der normalen nicht überein.

Die Berechtigung, hier von Farbenschwäche zu reden, liegt in den übrigen Erscheinungen, die *Guttmann* sammelt (ZPs II 42, 24 ff; 51, 165 ff). Die Unterschiedsempfindlichkeit für Gelb ist gegen den Normalen um mehr als das Zehnfache herabgesetzt. — Die Erkennungszeiten für Farben sind verlängert, ganz besonders bei Gegenwart einer zweiten Farbe. Dabei wird die Farbe neben Rot häufig noch falsch gesehen, nämlich als Grün. — Die Farbentonschwelle ist vergröbert. Ein Normaler schwankt bei Gelb höchstens um 2 $\mu\mu$, der Anomale hält noch 20—40 $\mu\mu$ entfernte für gleich. — Die Sehzeichen in verschiedenen Farben werden vom Normalen in vielmal größerer Entfernung erkannt, beim Gelb um das Zwanzig- bis Sechzigfache. Das liegt nicht an der übrigen Sehschärfe, die beim Anomalen größer sein kann. — Während beim Normalen das farblose Intervall, innerhalb dessen eine Farbe als hell, aber noch nicht als bunt erkannt wird, sehr klein ist, wird beim Anomalen sowohl bei größerer wie kleinerer Intensität das Spektrum bald farblos. — Besonders auffallend erschien immer die Größe des Farbenkontrastes beim

Anomalen, gewissermaßen das einzige, worin er überlegen ist. Neben Rot erscheint ihm auch das Gelb als Grün. Auf der Drehscheibe braucht er nur 14—18° Rotzusatz, damit daneben die Farbe als Grün erscheine. Der Normale verlangt dafür 55—60°. *Koffka:* Der Normale sieht oft nur einen schmalen Randkontrast, während beim Anomalen die ganze Fläche gefärbt ist. Auch ist die Zeit des Erscheinens beim Normalen größer, beim Anomalen fast momentan. Weiter ist seine Ermüdung für Farben größer. In einer Untersuchung von über 11000 Soldaten fand *Guttmann* neben 4% Farbenblinden über 5% Farbenschwache, darunter 88% Grünanomale und 12% Rotanomale. Nach *Nagel* ist bei der Farbenschwäche gewöhnlich das Sehen mit dem Netzhautzentrum verhältnismäßig gut.

c) Die Ausfallssysteme. Sie sind von der größten Wichtigkeit für die Farbentheorien. Diejenige Theorie verdient den Vorzug, welche anormale Farbensysteme als Ausfallssysteme erklären kann; denn mit Alterationen, mit der Annahme eines unbekannten Stoffes, der diese bestimmte Wirksamkeit hat, kann man natürlich alles erklären.

Eigenschaften dieser Systeme: Sie erkennen die Farbengleichungen der Normalen an; dagegen haben sie noch weitere Gleichungen, die ein Normaler nicht zuläßt. Sie sehen an manchen Stellen des Spektrums Weiß. Es gibt für sie längere Strecken im Spektrum, die wie die langwellige Endstrecke, keine Verschiedenheit des Farbentons, sondern nur der Intensität aufweisen. — Die beim Normalen bestehende Ähnlichkeit zwischen manchen Farben besteht bei ihnen nicht.

2. Unterscheidung der Ausfallssysteme nach ihrem wirklichen Vorkommen.

I. Klasse: Die Rot-Grün-Blindheit. Sie kommt bei weitem am häufigsten vor, bei etwa 4% aller Männer, bei Frauen fast gar nicht. Sie wird meist durch die Mutter vererbt, ohne daß diese selbst betroffen ist. — Diese Anormalen sehen nur Gelb und Blau, wie sicher festgestellt ist, so in einem Fall angeborener einseitiger Farbenblindheit (*Hippel*). Im Grün ist eine neutrale Stelle, wo Weiß erscheint; auf der einen Seite davon wird Gelb gesehen, auf der andern Blau.

Darunter fallen zwei Haupttypen; *Helmholtz* nannte sie Rot- oder Grün-Blinde; *Hering* spricht von Rot-Grün-Blindheit mit relativer Gelbsichtigkeit oder Blausichtigkeit; *v. Kries* unterscheidet sie als Protanopen und Deuteranopen. Die Deuteranopen überwiegen im Verhältnis 100 : 30. Beschreibung:

Das Spektrum ist für den Protanopen (*P*) am roten Ende verkürzt, für den Deuteranopen (*D*) nicht. Die Gelbvalenz ist anfangs für *P* schwächer als für *D*; bei Urgelb kreuzen sich beide Kurven; von da an sieht *P* stärker gelb. Auch die neutrale Stelle ist für *D* früher als für *P*, nämlich im Urgrün, wo *P* noch gelb sieht. Ebendeshalb übertrifft anfangs *D* wieder in der Blauvalenz den *P*; beim Aufhören des Blau zeigen beide Kurven keine klare Verschiedenheit (Fig. 14).

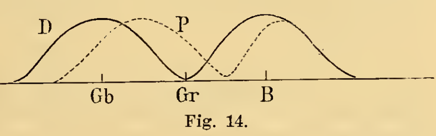


Fig. 14.

Die Helligkeitsverteilung ist bei *D* normal, beim *P* dagegen nach Grün hin verschoben, anfangs kleiner, im Grün größer.

Es kommt auch, wenngleich seltener, vor, daß bloß eine Farbe ausfällt. z. B. Grünblindheit im Falle *Schumann* (1 CgEPs, 10). Hier wird bloß Urgrün nicht gesehen; dasselbe bewirkt aber im Auge die Kontrastfarbe bzw. das negative Nachbild, nämlich Rosa. Überhaupt scheint auch vom Farbenblinden in großen Flächen noch Rot gesehen zu werden, wie schon 1877 *Donders* sagte. *Nagel*, selbst Deuteranop, sieht bei großen Feldern oder in großer Nähe das rote Licht, aber nie Grün, wenn es nicht sehr gesättigt ist. Ebenso besitzt er den anomal starken Kontrast und die andern Eigenschaften des Farbenschwachen. Nie hat er durch Kontrast von Rot aus eine Grünempfindung, wohl aber Rot als Kontrast oder Nachbild von Grün. Ob eine Fläche grün ist, erkennt er nur daran mit Sicherheit. daß sie Rot weckt. *Nagel* möchte deshalb auch im Fall *Schumann* nicht Farbenblindheit, sondern Farbenschwäche annehmen. Natürlich können in gleicher Weise auch drei Farben ausfallen.

II. Klasse: Die Gelb-Blau-Blindheit. Sie kommt sehr viel seltener vor. Es wird dabei Rot und Grün gesehen.

Typus I: Dazu gehörte ein Fall, den *Vintschgau* und *Hering* untersuchten: es sind zwei neutrale Stellen da, eine im Urgelb, eine im Urblau. Zwischen ihnen wird Grün empfunden, außerhalb derselben Rot. Das Spektrum ist nicht verkürzt.

Typus II: Hier kommt nur eine neutrale Stelle vor, und zwar im Grüngelb. Alles vorher erscheint rot oder gelblichrot, alles nachher bläulichgrün oder grün.

Dahin gehört der von *Holmgren* untersuchte Fall von „einseitiger Violett-Blindheit“, wo Rosa und Grün gesehen wurde, ferner Fälle von *Stilling* und drei von *König;* in den letzteren konnten die Blinden über den Fehler Rechenschaft geben, weil er erworben war und sich nur über einen Teil der Netzhaut erstreckte. Sie sahen Rot und Grün. Unter den neun Fällen *Königs* sind aber auch mehrere. wo statt Rosa Gelblichrot empfunden wurde und statt Grün Blaugrün. Das Endglied bildet der Fall *Kirschmann,* der Aufsehen machte, weil dabei bloß Rot und Blau übrig zu sein schienen, die sich gegenseitig durch Kontrast oder Nachbild hervorriefen. Bei Nachprüfung fand aber *Hering,* daß das Rot gelbliches Rot war.

III. Klasse: Die totale Farbenblindheit, in einigen 50 Fällen untersucht.

Typus I: mit normaler Helligkeitsverteilung. Dazu gehört auch die Peripherie des normalen Auges, nur daß dort das Gelbpigment fehlt, das beim farbenblinden zentralen Sehen vorhanden ist.

Typus II: mit Helligkeitsverteilung der Protanopen, also wie bei diesen auf ihrer Peripherie. In einem Fall war der Betreffende erst protanop gewesen und wurde später total farbenblind.

Typus III: mit der Helligkeitsverteilung des Dunkelauges. Diese Farbenblindheit gehört aber nicht hierher, da sie nicht auf Rechnung des Zapfenapparates kommt, sondern nur die Stäbchen betrifft (vgl. § 5).

3. Methodisches. Wie wissen wir überhaupt, was ein Farbenblinder sieht? Für die Untersuchung sind die Fälle ideal, wo die Farbenblindheit nur auf einem Auge besteht. — Ferner ist die Farbenblindheit bisweilen nicht angeboren, sondern erworben, so daß der Kranke seine Erinnerung benutzen kann. — Eine Kontrolle, die uns die Vorstellung mancher Farbenblindheiten erleichtert, haben wir an den peripheren Zonen unsrer Netzhaut.

Der erste Fall von Farbenblindheit wurde von *Huddart* 1777 beschrieben. *Dalton* studierte 1794 das Sehen der Farbenblinden an sich selbst. Er war nach *Nagel* Protanop. Praktische Bedeutung erlangte die Untersuchung auf Farbenblindheit erst durch *Holmgren,* der darauf hinwies, daß das Eisenbahnunglück in Lagerlunda 1875 auf der Farbenblindheit des Maschinenführers beruhte. Daraufhin wurden die dienstlichen Prüfungen eingeführt (*Köllner*). Daß eine solche Krankheit so lange unbekannt bleiben konnte, läßt sich begreifen. Auch Normalsichtige zeigen häufig Fehler und Unsicherheit im Benennen der Farben. Die Farbenblinden gelten deshalb zunächst als solche, die diesen Fehler etwas stärker haben. Sie werden ferner durch das Bedürfnis, verschiedene Gegenstände zu unterscheiden, veranlaßt. auf sonstige Unterschiede möglichst scharf zu achten, besonders die der Helligkeit. Rot und Gelb unterscheiden sie oft, indem Rot als gesättigter, dunkler, Gelb als ungesättigter, weißlicher erscheint.

Die Methoden zur Feststellung der Farbenblindheit. Allgemein wird es verworfen, sich auf die Richtigkeit der Benennungen zu verlassen. Ja die mangelhafte Benennung kann, wie *Peters* zeigte (FsPs 3 [1915] 150 ff.), bei Kindern sogar verschulden, daß Zwischenfarben beim Zusammenlegen falsch zugeordnet werden, wenn sie nämlich die Zwischenfarben wie die Hauptfarben benannten. — Die wissenschaftlich beste Prüfung ist der spektrale Mischapparat, der nach dem früher Gesagten auch durch den Farbenkreisel ersetzt werden kann. Nach *Köllner* wird die Farbenblindheit genau festgelegt, indem man 15—20 Spektrallichter für den Betreffenden eicht: man nimmt ein Gemisch eines langwelligen (670) und kurzwelligen (450) Lichtes und verändert dieses, bis es dem zu untersuchenden Licht gleich erscheint. Die so erhaltenen Werte machen drei Eichkurven aus. von denen bei einzelnen Krankheiten einzelne fehlen. *Köllner* sieht in dieser Tatsache einen Hinweis auf die Dreikomponentengliederung des peripheren Farbensehens. — Für schnelle Untersuchung ist die alte *Holmgren*sche Wollprobe gebräuchlich: aus einer reichen Sammlung verschiedenfarbiger Wollbündel läßt man zu einem vorgezeigten (nicht benannten) Grün alle im Ton gleichen legen; ebenso nachher zu einem Rotbündel. Nach *Nagel* ist diese Probe verläßlich, wenn man sich genau an die Vorschriften hält.

Nagels Tafeln enthalten unter vielen grauen Punkten teilweise rote oder grüne in möglichst gleicher Helligkeit; diese richtig herauszufinden ist für Farbenblinde der betreffenden Art unmöglich. Bei *Stillings* pseudoisochromatischen Tafeln handelt es sich darum, Buchstaben zu lesen, die nur durch Verschiedenheit der Farbe vom Hintergrund unterscheidbar sind. Die Methode ist allein nicht genügend, kann aber andere unterstützen. Nach *Köllner* ist das heutige Verfahren der Staatseisenbahnen: 1) die Untersuchung mit den *Nagel*schen Tafeln; etwa mit der Kontrolle durch *Stillings* Tafeln; 2) bei Unsicherheit in der ersten Prüfung Nachprüfung mit *Rayleighs* Gleichungen. Wird 1. bestanden. aber nicht 2., so werden neue Anwärter zurückgewiesen, schon im Dienst befindliche Beamte belassen. Die eingehende Beschreibung der zu verschiedenen Zwecken brauchbaren Prüfungen gibt *Köllner*.

§ 12. Die Farbentheorien und die Erklärung der Farbenblindheiten.

Literatur. *Warren,* Human Psychology, Appendix, Problem IV. — *Schjelderup,* Zur Theorie der Farbenempfindungen, in ZPs II 51 (1920) 19 ff. — *G. E. Müller,* Kongreßbericht zum Marburger Kongreß (vom Verfasser freundlichst überlassen).

1. Die Theorie von *Young-Helmholtz.* Sie nimmt drei selbständige Vorgänge in der Netzhaut an, denen drei Faserarten entsprechen; die Erregung der einzelnen gibt für sich die Empfindungen Rot, Grün,

Violett, nach andern Blau. Durch gleichzeitige Erregung mehrerer Fasern entstehen die übrigen Farben, wie es das Farbendreieck ausführt. Jedes objektive Licht erregt immer alle drei Elemente gleichzeitig, aber je nach der Wellenlänge verschieden stark. Die Figur 15 veranschaulicht, wie man sich diese Erregungskurven denken kann. Für Kontrast und negatives Nachbild führt die Theorie weitere Hilfsprinzipien ein, die wir schon anderswo besprochen haben.

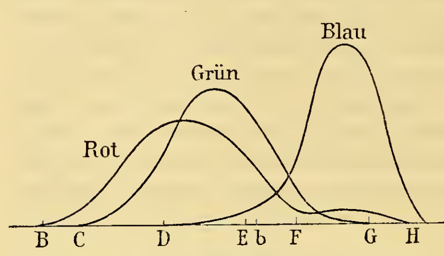


Fig. 15. Gang der Farbenvalenzen nach der *Helmholtz*schen Theorie. (Nach *A. König*, bei *Ebbinghaus*.)

Zur Kritik ist zuzugeben, daß die Theorie die Farbenmischungsgesetze vorzüglich erklärt: die Ergänzungsfarben, die Ähnlichkeit von Rot und Violett, kurz alles, was das Farbendreieck zusammenfaßt. Ja sie ist die denkbar einfachste Hypothese zu diesem Zweck, indem sie mit der geringsten Zahl von Grundfarben auskommt. Auch scheinen die wesentlichsten Elemente der Theorie in der neuesten Fassung der *Müller*schen Theorie wieder Anerkennung zu finden. Anderseits hat die folgende Forschung immer mehr Tatsachen gebracht, denen die Theorie nicht mehr genügte. Schon in der Aufstellung der Grundempfindungen liegt etwas Willkürliches; sie werden deshalb nach Bedürfnis geändert. Sicher macht eher Gelb den Eindruck einer Grundempfindung, als Violett, während die Theorie das Gegenteil behauptet (*Hering*). Die Tatsache der vier Urfarben als solcher wird nicht erklärt. — Es ist weiter keine Empfehlung, wenn auch für sich genommen keine Widerlegung, daß die Theorie den psychophysischen Axiomen widerspricht. Gelb ist für die Anschauung kein Rotgrün, Weiß kein Rotgrünblau, wie es nach den Axiomen aus den angenommenen Prozessen zu folgern wäre. — Weiter läßt die Theorie die überall hervortretende Gliederung der Farben unerklärt. — Die positive Schwarzempfindung ist unverständlich, da für sie kein Prozeß besteht. Über die Erklärung von Kontrast und Nachbildern war schon die Rede. *Müller* macht insbesondere auf die Unvereinbarkeit mit dem Persistenzsatz aufmerksam.

Was uns hier zunächst betrifft, ist die Stellung der Theorie zu den Farbenblindheiten. a) Die älteste Form (1. Auflage) forderte, daß durch Ausfall je einer Komponente eine Rot-, Grün- und Blau-Blindheit entstehen müsse. — Aber dann dürfte Gelb nicht gesehen werden, wenn nicht Rot und Grün erhalten sind, und Weiß nicht, wenn nicht alle drei Elemente noch tätig sind. Nun geschieht das Gegenteil. Der Rot-Grün-Blinde sieht Gelb, und keinem Farbenblinden fehlt Weiß. Diese Fassung der Theorie ist also unhaltbar.

b) Eine andere Form (so *Fick* bei *Hermann*) nahm deshalb an: Im Falle einer Farbenblindheit verschwindet nicht eine Erregungsart, sondern es fallen nur zwei Farbenkurven zusammen, z. B. Rot mit Grün. Natürlich bleibt dann Gelb mit Weiß bestehen, da noch alle Komponenten da sind. Dieselbe Erklärung muß dann auch angewendet werden für die partielle und totale Farbenblindheit auf der Peripherie des Auges.

Aber hier hat man darauf verzichtet, die Farbenblindheit als Ausfallsystem zu erklären; man setzt statt dessen eine Alteration, die, weil sie nicht physikalisch-chemisch begreiflich gemacht wird, eine reine Worterklärung bleibt. Ferner ist dieses Zusammenrücken zweier Kurven recht unwahrscheinlich. Man sieht keine objektive Möglichkeit, wodurch zwei Komponenten (verschiedene Fasern) veranlaßt werden sollten, mit allen ihren Reaktionen auf die Lichtreize von nun an parallel

zu gehen, und das unter den allerverschiedensten Umständen, in der peripheren Zone der Normalen, bei extremen Intensitäten wie bei Farbenblinden.

c) Die jüngste *Helmholtz*sche Schule (*König, v. Kries* usw.) versucht gewöhnlich eine Vereinigung der *Helmholtz*schen und *Hering*schen Theorie, meist in der Form einer „Zonentheorie“; die erstere soll etwa gelten für die Netzhautprozesse, die letztere für die Nervenerregungen. Beim Rot-Blinden bestehe in der Netzhaut nur die Grünkomponente; daß er trotzdem noch Gelb sieht und nicht Grün, beruhe darauf, daß mit dem Ausfall der Rotkomponente zugleich im Zentralapparat sich etwas verändert habe, also die Grünkomponente jetzt auch Gelb hervorrufe. Ebenso für Weiß. — Aber so ist die Farbenblindheit in Wirklichkeit kein Ausfallsystem mehr; es werden nachträglich wieder innere Alterationen angenommen. Nun ist es aber möglich, alles als reine Ausfallsysteme zu erklären, wie wir sehen werden. Sollte eine Zonentheorie brauchbar werden, so müßte sie jedenfalls tiefer durchgeführt werden, als es bisher geschah.

2. Die Theorie von *Hering* wurde schon früher erklärt. Ihre Hauptpunkte waren sechs qualitativ verschiedene Prozesse an drei Sehsubstanzen, indem Dissimilation und Assimilation den einzelnen Gegenfarben entsprechen. Ein farbiges Licht hat sowohl farbige als Weißvalenz. Auf die Weiß-Schwarz-Substanz wirken alle Strahlenarten nur dissimilierend (weißerregend), mit der größten Valenz im Grün. Blau-Gelb-Substanz wird erregt durch alle Strahlen außer einem neutralen Punkt im Grün, Rot-Grün-Substanz durch alle, außer zwei neutralen Punkten (Fig. 16). Komplementäre Farben sind Gegenfarben, lassen bloß das Restphänomen des Weiß hervortreten.

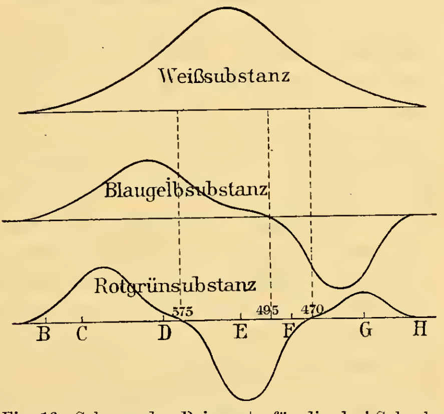


Fig. 16. Schema der Reizwerte für die drei Sehsubstanzen in der *Hering*schen Theorie (bei *Ebbinghaus*).

Aus der Grundannahme der Theorie lassen sich folgerichtig auch die Erscheinungen der Lokaladaptation, der Umstimmung und negativen Nachbilder ableiten, wie wir früher beschrieben haben. Ganz besonders tief dringend ist seine Theorie des Kontrastes (§ 8).

Die Theorie ist an Erklärungswert zweifellos der Dreifarbentheorie bei weitem überlegen. Den Tatsachen der Farbenmischung wird sie ebenso gerecht wie die *Helmholtz*sche (§ 7). Sie erst erklärt die paarige Gliederung der Farben, das gleichzeitige Verschwinden der Gegenfarben im indirekten Sehen oder bei Steigerung der Intensität. Die verschiedene Lichtempfindlichkeit und Menge der Sehstoffe machen begreiflich, daß bei größerer Intensität die Sehsubstanzen nacheinander erschöpft werden. Aus ihr begreift man die positive Natur der Schwarzempfindung. Zur Bedeutung seiner Kontrasttheorie sagt *Hillebrand:* Die Anpassungen werden hier in ihrer biologischen Zweckmäßigkeit aufgefaßt. Von den Unterschieden sind die am wichtigsten, die eine Verschiedenheit der Dinge beweisen. Es müssen also Verschiedenheiten der wechselnden Beleuchtung sich möglichst wenig geltend machen. — Auch die Farbenblindheiten im ganzen werden hier als Ausfallsysteme erklärt. So läßt sich verstehen, daß bei Rot-Grün-Blindheit nur Gelb und Blau

gesehen wird, ebenso der eine Typus der Gelb-Blau-Blindheit. wo im Gelb und Blau neutrale Stellen sind.

Während so der Grundgedanke der Theorie sicher anzunehmen ist, ist sie anderseits doch nicht eingehend genug. So versagt sie bei den beiden Typen der Rot-Grün-Blindheit, was *v. Kries* beständig geltend machte. Der Versuch *Herings,* das durch verschiedene Intensität der Gelbpigmentierung zu erklären, ist ungenügend. Das erklärt nicht einmal die Verkürzung am roten Ende, da das Gelbpigment das Rot fast gar nicht absorbiert. Daß Weiß und Schwarz sich mischen können, im Gegensatz zu den andern Gegenfarben, erklärt er aus dem Übertönen der farbigen durch die gleichzeitige Grauerregung. Das befriedigt nicht, da trotz dieser Grauerregung einzelne bunte Farben sonst recht wohl zur Geltung kommen. — *Warren* erscheint als schwerster Einwand, daß Urgrün und Urrot sich nicht wirklich neutralisieren. Indessen hat dafür *Hering* doch recht bedeutungsvolle Gründe vorgebracht (§ 8), so daß der Einwand, um Bedeutung zu erhalten. erst quantitativ gestützt werden müßte.

Wir übergehen andere Farbentheorien, wie die Stufentheorie *Wundts* (vgl. seine Physiolog. Psychologie), weil sie zu allgemein gehalten ist, so daß eine physiologische Erklärung der Einzelheiten gar nicht versucht wird. Auf englischem Sprachgebiet hat eine genetische Farbentheorie von *Christine Ladd-Franklin* viel Anklang gefunden. Danach reagierte das Auge anfangs nur mit Weiß; bei weiterer Entwicklung spaltet sich das Farbenmolekül in Teile, die Gelb und Blau liefern und durch Vereinigung wieder Weiß; endlich spaltet sich auch die Gelbkomponente in Grün und Rot, deren Wiedervereinigung also Gelb gibt. Diese Theorie beansprucht den Vorzug, die vier bunten Urfarben mit der Tatsache der drei Fundamentalfarben der Mischung zu vereinigen. Ihr Hauptgrund ist die einzigartige Stellung des Gelb, das im Farbendreieck auf der Linie Rot-Grün liege. Dieser Grund wird daraufhin zu prüfen sein, ob wirklich im neutral gestimmten Auge Urrot und Urgrün sich zu Urgelb vereinigen, und nicht zu Weiß, wie gewöhnlich angenommen wird. *Warren* fügt bei, daß auch das Schwarz nicht genügend erklärt werde. Eine Weiterbildung scheint die Farbentheorie von *Schenk* und *Lehmann* zu sein (siehe sein Lehrbuch). Indessen werden die Farbenblindheiten kaum beachtet; auch scheint die Theorie den psycho-physischen Axiomen ebensowenig zu genügen wie diejenige von *Helmholtz.* Eine Vervollkommnung in der richtigen Bahn der *Hering*schen Theorie liefert die schon früher dargelegte Theorie von *G. E. Müller.* Es bleibt nur noch übrig, die Erklärungen aus ihr zum Abschluß zu bringen.

3. Erklärung der Farbenblindheiten aus der *Müller*schen Theorie.

a) Die Erklärung des normalen Spektrums. Zuerst von den farbigen Erregungen beginnt die Einwirkung des Lichtes auf die Rot-Grün-Substanz, und zwar im Sinn des Rotprozesses, der ansteigt, dann abnimmt, in den Grünprozeß umschlägt usw. Bei einer späteren Wellenlänge setzt auch die Wirkung auf die Gelb-Blau-Substanz ein, zunächst im Sinn des Gelbprozesses, später in den Blauprozeß umschlagend. Beiden geht immer auch eine Wirkung auf die Weißsubstanz im Sinn der Weißerregung parallel. Es wird hier nicht angenommen, daß die Wirkungen auf die beiden Farbensubstanzen gleichzeitig anfangen und aufhören (wie bei *Hering*). Bloß die Weißkurve ist an die Farbenkurven gebunden. Durch die Netzhautprozesse werden dann die inneren Farbenwerte bestimmt, wie früher ausgeführt wurde.

Man vergleiche die schematische Figur 17, worin alles vertikal Untereinanderstehende zusammengehört. Es ist also abzulesen, wie der Reiz (die Wellenlänge) die zwei farbigen Netzhautprozesse hervorruft, wie diese wieder je zwei innere Farbenvalenzen bewirken und infolgedessen eine Differenzwirkung eintritt, welcher die Empfindung parallel geht. Die gleichzeitigen Wirkungen auf Weiß und Schwarz sind der Übersichtlichkeit halber ausgelassen; ebenso ist es nicht der Wahrheit entsprechend, sondern nur eine Vereinfachung der Zeichnung, daß die Figuren für die einzelnen inneren und äußeren Valenzen alle flächengleich dargestellt sind.

Erklärung im einzelnen. Die langwellige Endstrecke. Hier ist nur Rotprozeß vorhanden; diesem entspricht aber innerer Rot- und Gelbwert: $iR + iGb$. Deshalb hat man am Anfang nicht das eigentliche Urrot, sondern ein gelbliches Rot. Da wir bloß einen farbigen Netzhautprozeß haben, der nur an Intensität zunimmt, so ist das proportionale

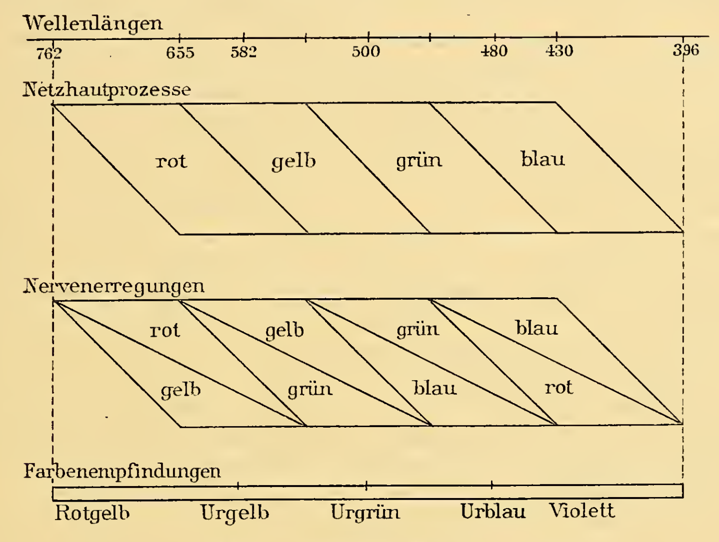


Fig. 17. Graphische Darstellung der *Müller*schen Farbentheorie.

Ansteigen von Rot und Gelb, d. h. eben die Gleichheit des Farbentones selbstverständlich, was bei *Hering* nicht der Fall ist. Das geht voran bis etwa 655 μμ, wo die Gelbvalenz einsetzt, also innerer Gelb- und Grünwert dazu tritt. Wir haben also von nun an zugleich:

$$\begin{cases} R\text{-Prozeß: } & iR + iGb, \text{ abnehmend} \\ Gb\text{-Prozeß: } & iGb + iGr, \text{ zunehmend.} \end{cases}$$

In dieser Mischung unterstützen sich die *Gb* gegenseitig; Rot und Grün arbeiten sich entgegen; und da Rot abnimmt, Gelb zunimmt, wird die anfängliche Rötlichkeit des Gemisches immer schwächer werden, die Gelblichkeit immer ausschließlicher herrschen.

Wir kommen mithin notwendig zu einem Punkt, wo gerade $iR = iGr$ ist, dem Urgelb, in 582. An diesem Punkt ist noch Rotprozeß vorhanden, nur ist seine Wirkung durch den inneren Grünwert aufgehoben.

Von nun an nimmt der Grünwert immer mehr zu: wir haben Grüngelb, bis die Rotvalenz zu Null geworden und in die Grünvalenz umschlägt.

Das ist der Punkt der reinen Gelbvalenz; die Empfindung ist dabei noch grüngelb, denn es besteht: $iGb + iGr$.

Von diesem Punkt an kommt die Grünvalenz dazu. Wir haben nun nebeneinander:

$$\begin{cases} Gb\text{-Prozeß}: iGb + iGr, \text{ abnehmend} \\ Gr\text{-Prozeß}: iGr + iB, \text{ zunehmend.} \end{cases}$$

Es tritt also der Blauwert ein und arbeitet dem Gelbwert entgegen. Bei 500 ist das so weit gekommen, daß gerade $iGb = iB$ ist, der Punkt des Urgrün.

Der weitere Fortgang ist leicht verständlich. Im Punkt des Schwindens der Gelbvalenz haben wir reine Grünvalenz, aber Blaugrünempfindung. Es kommt die Blauvalenz hinzu mit ihrem inneren Rotwert, wodurch sich erklärt, daß das Rot am Ende des Spektrums wieder auftaucht. Bei 480 haben wir den Punkt des Urblau: $iGr = iR$; von da an statt des bisherigen Blaugrün Blaurot, d. h. Violett.

Der Unterschied zwischen dem Punkt der Urfarbe und der rein farbigen Valenz erklärt nun auch die früher öfter genannten Abweichungen der unveränderlichen Farben beim indirekten Sehen, bei veränderter Reizintensität, längerer Reizdauer. So wird bei längerer Reizdauer der Rotgrünsinn früher ermatten, also die Netzhautprozesse und ihre inneren Werte zurücktreten. Deshalb ist im normalen Punkt des Urgelb (580) der innere Grünwert nun dem Rotwert überlegen, d. h. es wird dieses Gelb grünlicher gesehen. Unverändert bleibt vielmehr der Punkt der reinen Gelbvalenz, worin nur ein Prozeß wirkt, in dem Grüngelb gesehen wird (560; wie außer den Versuchen von *Vöste* auch die neutrale Stelle der einen Klasse von Gelb-Blau-Blinden beweist). Ebenso liegen die andern unveränderlichen Punkte nach dem kurzwelligen Ende hin. — Ähnliches gilt für die Intensitätsveränderungen: Urgelb muß bei Steigerung grünlicher erscheinen, also bei Herabsetzung rötlicher; Urgrün bei Steigerung gelblicher, bei Herabsetzung bläulicher usw. Der gleiche Grund trifft für das indirekte Sehen zu, indem man es als eine Herabsetzung der Intensität wertet. Die wirklich gefundenen Werte der unveränderlichen Punkte zeigen noch eine weitere Abweichung, für die der Weißzusatz verantwortlich zu machen ist, wie *Dreher* ausführt.

b) Für die Farbenblindheiten gelten nach *Müller* die allgemeinen Regeln: α) Die inneren Erregbarkeiten können einzeln ausfallen, die äußeren nur paarweise; wenn eine chemische Reaktion möglich ist, muß auch die entgegengesetzte möglich sein. β) Ein Ausfall der inneren Erregbarkeit beeinflußt die spektrale Helligkeitsverteilung nicht, denn die inneren Reizwerte hängen von den Netzhautprozessen ab, die ja noch da sind; dagegen muß ein Ausfall der Netzhautprozesse die spektrale Helligkeitsverteilung ändern. γ) Der Rot-Grün-Prozeß sitzt weniger fest als der Gelb-Blau-Prozeß; damit hängt die größere Häufigkeit der Rot-Grün-Blindheit zusammen.

Erklärung der Rot-Grün-Blindheit.

Bei der Deuteranopie hat man „inneren Ausfall von Rot und Grün". Man bedecke an der Figur 17 die entsprechenden Dreiecke, dann kann man die Erscheinungen ablesen. Die Helligkeit ist also dann unverändert. Das Spektrum fängt unverkürzt an (iGb), zeigt Gelb bis zum Punkt des Urgrün, dort eine neutrale Stelle und von da an Blau.

Bei der Protanopie hat man „gleichzeitig äußeren und inneren Ausfall des Rot und Grün".

Man verdecke in der Figur die Vierecke der Netzhautprozesse für Rot und Grün, natürlich auch die davon abhängigen Vierecke der Nervenerregungen und außerdem noch die Dreiecke für Rot und Grün. Also die langwellige Endstrecke fällt ganz weg. Von da an beginnt das Gelb, aber zunächst schwächer als beim Deuteranopen, weil der Gelbwert des Rotprozesses fehlt. So geht es voran bis zur Stelle der reinen Gelbvalenz. Von da an fällt der Grünprozeß des *D* weg, damit der innere Blauwert; es kann also der Gelbwert nicht verringert werden, und deshalb überwiegt dann der Gelbwert des *P*. Die neutrale Stelle tritt jetzt ein, wo der Punkt der reinen Grünvalenz ist. Hier fängt das Blau an.

Ganz parallel geht es mit der Helligkeit: anfangs fehlt der vom Rotprozeß kommende Weißwert, weshalb *P* das Gelb dunkler sieht als *D*; später fehlt der vom Grünprozeß kommende Schwarzwert, weshalb er nun heller sieht als *D*.

Die Gelb-Blau-Blindheit:

Typus I: „Innerer Ausfall von Gelb und Blau." Das gibt die neutralen Stellen in Urblau und Urgrün.

Typus II: „Äußerer Ausfall von Gelb und Blau.". Das innere Gelb und Blau fällt dabei auch entweder ganz aus, und dann hat man die Farben Rosa und Grün, oder es ist nur geschwächt, dann hat man Gelbrot und Blaugrün. In beiden Fällen ist die neutrale Stelle am Punkt der reinen Gelbvalenz. Auch der Fall *Kirschmann* ist darin enthalten; es herrschte dort bloß unter dem Gelbrot das Rot besonders vor, im Blaugrün das Blau. Daher der merkwürdige Kontrast.

Totale Farbenblindheit:

Typus I mit normaler Helligkeitsverteilung: „Die vier inneren Erregbarkeiten fallen allein aus." Da also die Netzhautprozesse mit ihren Weißwerten bleiben, kann die spektrale Helligkeitsverteilung nicht merklich verschieden sein.

Typus II: „Die vier inneren Erregbarkeiten sind ausgefallen und dazu das äußere Rot und Grün." Deshalb die Helligkeitsverteilung des Protanopen.

Es ließen sich noch andere Typen konstruieren, aber sie sind wenigstens bis jetzt noch nicht genauer beobachtet. So wäre denkbar der Ausfall sämtlicher inneren und äußeren Erregbarkeiten. Der Typus müßte sich ähnlich verhalten wie die Stäbchenseher, nur hätten sie kein zentrales Skotom. Ein solches Symptom wird in der Tat öfters genannt.

Typus III: Die Stäbchenseher. Das wird, wie früher gesagt, erklärt durch Ausfall des ganzen Zapfenapparates. Freilich ist merkwürdig, daß sie überhaupt im Hellen sehen, während unser Stäbchenapparat dort geblendet wird. Vielleicht ist die Ernährung der Stäbchen dann eine andere als normal.

4. Die neuere Umgestaltung der *Müller*schen Farbentheorie. Eine eigene Überprüfung und Umgestaltung hat *G. E. Müller* auf Grund jahrelanger Untersuchungen nun selbst vorgenommen, von der vorläufig nur die Endergebnisse mit einigen Anwendungsbeispielen mir vorliegen. Diese Umgestaltung betrifft nur das erste Stadium, die Netzhautprozesse. Dieses erste Stadium gliedert er nun in 1) die Phase der drei Primärprozesse und 2) die der sechs farbigen Schaltprozesse. — Die Lichtwellen bewirken unmittelbar nur die drei immer in derselben Richtung verlaufenden Primärprozesse P_1 P_2 P_3, deren Intensitäten sich in ähnlicher Weise, wie es die *Helmholtz*sche Theorie annimmt, nach den Wellenlängen der Lichter bestimmen. Der P_1-Prozeß wird erregt vom langwelligen Ende des Spektrums an bis etwa 480 (Urblau), P_2 von etwa 650 an (dem Ende der langwelligen Endstrecke), P_3 von etwa 540 an (zwischen Urgelb und Urgrün).

Jeder der drei Primärprozesse wirkt dann weiter auf die drei farbigen Schaltsubstanzen, und zwar auf die Weiß-Schwarz-Substanz alle im Sinne von Weißerregung.

Weiter wirkt P_1 auf die Rot-Grün-Substanz im Sinne der Entstehung von Rotprozeß, auf die Gelb-Blau-Substanz im Sinn von Gelbprozeß; ähnlich P_2 auf dieselben Substanzen im Sinne der Entstehung von Grün und von Gelb; endlich P_3 nur im Sinne der Entstehung von Blau. Diese Zwischenprozesse schließen sich gegenseitig aus. So kann es durch ihr Zusammenwirken kommen, daß die Grün- und Rot-Wirkung von P_1 und P_2 sich gerade aufheben und nur die gemeinsame Gelbwirkung übrig bleibt; oder daß die Wirkung aller drei P sich aufhebt und nur die Weißwirkung übrig bleibt.

Der Unterschied der Summen aller Schaltprozesse von den Netzhautprozessen der früheren Form der Theorie ist nur der, daß nunmehr die langwellige Endstrecke nicht mehr mit reinem Rotprozeß beginnt, sondern mit einem Gemisch von Rot- und Gelb-Prozeß. Die Reihenfolge der aus dem ersten Stadium gewonnenen Prozesse ist also in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge ganz die alte; nur daß der Anfang und vielleicht auch der Schluß der Reihe etwas verkürzt ist. An diese Schaltprozesse schließen sich dann, genau wie früher, die Sehnervenerregungen, indem jeder Schaltprozeß seine drei inneren Werte hat; die endogene Schwarzerregung usw. Die neue Form der Theorie vereinigt (was noch nicht veröffentlicht vorliegt) die Vorteile, welche die Dreifarbentheorie bietet in der Erklärung der durch Weiß bewirkten Ermüdung für die Farben, in Erklärung der *Rayleigh*schen Alterationssysteme, des farbigen Abklingens des weißen Lichtes usw.; und anderseits die Grundgedanken der Gegenfarbentheorie mit den daraus fließenden Erklärungen der negativen Nachbilder, der Konstrasterscheinungen usw.

b) Die geschilderten Prozesse haben das Gemeinsame, daß immer der Reiz (oder Erregungsantrieb) ein Ausgangsmaterial (A) in ein Zwischenmaterial (Z) verwandelt, wobei Arbeit aufgespeichert wird, und dieses dann erst in das Endmaterial (E) übergeht, wobei Arbeit geleistet wird. Dabei besteht ein Unterschied zwischen den eigentlichen Arbeitssystemen, zu denen die P-Prozesse gehören, und den Umformungssystemen, deren Beispiel die Sehnervenerregungen sind. Im den Arbeitssystemen wird eine Energiemenge ausgegeben, welche die durch den Reiz eingeführte weit übertrifft. Daraus folgt dann, daß ein solches System nur einseitig erregbar ist; die Reize vermögen wohl das Ausgangsmaterial in das Zwischenmaterial zu verwandeln, und dieses in das Endmaterial; aber in gewöhnlicher Stärke nicht das Endmaterial in das viel energiehaltigere Zwischenmaterial zurück. Dagegen ist das Umformungssystem zweiseitig erregbar. Es kann auch das Endmaterial in Zwischen- und dieses in Ausgangsmaterial verwandelt werden, wie es die Erklärung der Gegenfarben voraussetzt. In solchen Systemen findet nach Ablauf des Erregungsvorganges eine Rückbildung der Erregungsprodukte statt. Manche Tatsachen weisen darauf hin, daß auch die P-Prozesse nicht ganz unabhängig voneinander sind. Vermutlich brauchen sie denselben Stoff, den sie sich gegenseitig streitig machen.

c) Zu dem oft genannten Einfluß der Weißerregungen auf die Farbenprozesse, den die neue Fassung der Theorie einbezogen hat, müssen hier einige Hinweise genügen. Weiß kann einen hemmenden (antichromatischen) Einfluß ausüben, wenn es etwa dasselbe Ausgangsmaterial mit einem P-Prozeß angreift, oder dadurch, daß die Zunahme des Weiß das Gewicht der Farbenerregung mindert. In andern Fällen wieder ist das Weiß dem Farbenvorgang förderlich (prochromatisch), wenn dessen Mehrung ein dem Farbenprozeß notwendiges Material liefern muß. Darauf führt es *Müller* zurück, daß die Kontrastfarbe des Infeldes im farbigen Umfeld nicht dann am größten ist, wenn das Infeld die Helligkeit des kritischen Grau besitzt, sondern mit wachsender Helligkeit noch weiter anwächst. Eine andere Anwendung ist der Umschlag des positiven Nachbildes in ein negatives und umgekehrt, wenn der Blick zwischen einer hellen und dunklen Fläche hin und her wandert. Der Zusatz des Weiß beim Blicken auf die helle Fläche soll da immer

das für den Gegenprozeß erforderliche Weißmaterial liefern. Auf eine Stauung des Weißmaterials, wenn ein Infeld zugleich unter dem Einfluß einer Schwarzinduktion und einer durch Weiß bewirkten Weißerregung steht, führt *Müller* die größere Stärke des Florkontrastes zurück. Aus gleichem Grund steigert die größere Ausdehnung einer Farbenfläche die Deutlichkeit einer Färbung. Die Weißvalenz, die jedes Farbteilchen besitzt, summiert sich nämlich zu der mit der Ausdehnung wachsenden Schwarzinduktion der andern Teilchen und liefert so die für die farbige Erregung günstige Stauung. Daß der Einfluß dieser Ausdehnung im indirekten Sehen und bei den Farbenschwachen besonders auffallend ist, paßt gut zur bekannten Steigerung des Kontrastes bei ihnen.

Zweites Kapitel.

Die Gehörempfindungen.

Literatur. *v. Helmholtz,* Die Lehre von den Tonempfindungen, [4]1877. — *C. Stumpf,* Tonpsychologie, 2 Bde, 1883 und 1890. — *K. L. Schäfer,* Der Gehörsinn, in *Nagels* Handbuch der Physiologie III, 1905. — Zur Ergänzung dieser grundlegenden Werke vgl. *Hensen,* Die Fortschritte in einigen Teilen der Physiologie des Gehörs, in Ergebnisse der Physiologie I 847 ff. — *W. Köhler,* Akustische Untersuchungen, in ZPs 54 (1910) 241 ff.; 58 (1911) 59 ff.; 64 (1913) 92 ff.; 72 (1915) 1 ff. — *Jaensch,* Die Natur der menschlichen Sprachlaute, in ZPs II, 47 (1913) 219 ff. — *Révész,* Zur Grundlegung der Tonpsychologie, 1913. — *Stumpf,* Über neuere Untersuchungen zur Tonlehre, in 6 CgEPs (1914) 305 ff. — *Waetzmann,* Die Resonanztheorie des Hörens, 1912. — *H. J. Watt,* The Psychology of Sound, 1917.

§ 1. Das Gehörorgan.

Einen Überblick gibt die schematische Figur 18.

Die Ohrmuschel sammelt die Schallwellen. Wenn man durch die Hand die schallauffangende Fläche vergrößert, so hört man merklich besser. Der Gehörgang leitet die Töne zum Trommelfell; zugleich verstärkt er durch Resonanz einige Töne, besonders diejenigen zwischen c^4 und h^4, die sich deshalb bei scharfer Aussprache der Zischlaute oft unangenehm bemerkbar machen. Die Schallwellen treffen weiter auf das Trommelfell, das den verschiedensten Schwingungen mit großer Treue zu folgen vermag, ohne irgendwelche zu bevorzugen. Hinter dem Trommelfell liegen die Gehörknöchelchen, welche die Erschütterungen des Trommelfells aufnehmen

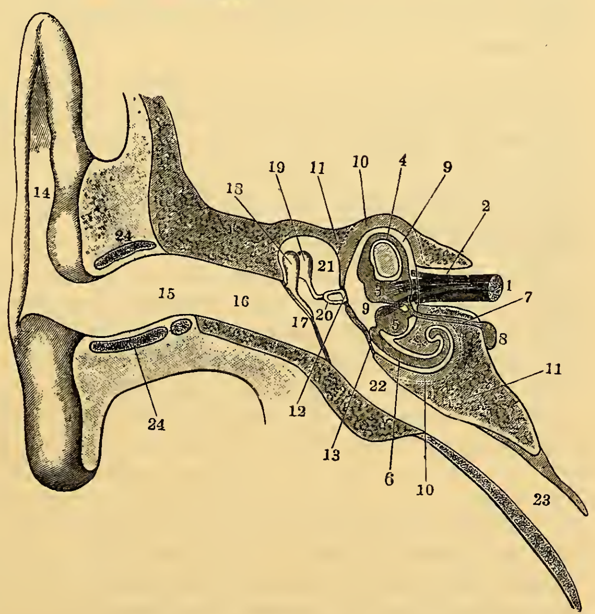


Fig. 18. Schema des Gehörorgans (nach *Nagel*).
1. Der Hörnerv. 3. Utriculus. 4. Ein Bogengang. 6. Die häutige Schnecke. 10. Das knöcherne Labyrinth. 11. Das Felsenbein. 12. Das ovale, 13. das runde Fenster. 15., 16. Der äußere Gehörgang. 17. Das Trommelfell. 18—20. Hammer, Amboß, Steigbügel. 21—23. Paukenhöhle und Eustachische Röhre.

und bis zum ovalen Fenster leiten. Eine Folge der Übertragung ist, daß Bewegung von relativ großer Weite (Amplitude) und geringer Kraft, welcher auf das Trommelfell auftrifft, in solche von geringer Weite und großer Kraft verwandelt wird.

Eine ähnliche Rolle wie der Pupillenverengerung bei starkem Licht kommt dem Trommelfellspanner (tensor tympani), einem Muskel am Trommelfell, zu. Bei starken Tönen wird durch einen Reflex dieser Muskel gespannt und dadurch die Trommelfellschwingungen verkleinert, und zwar entsprechend der Stärke des Tones; es ist also ein Schalldämpfer. Diese Muskelkontraktion wird bei starken Tönen gut gefühlt. Das Trommelfell entfernte sich bei sehr lautem Schreien um $^1/_{55}$ *mm* aus seiner Ruhelage. Eine Folge davon ist auch, daß in einem Zusammenklang von Tönen jeder einzelne schwächer klingt, als wenn er allein wäre, da der Muskel im ersteren Fall stärker gespannt ist. Dadurch müssen besonders schwächere Töne von gleichzeitigen stärkeren geschädigt werden, wie es *Mach* und *Stumpf* längst behaupteten (*Köhler*).

Vom ovalen Fenster an verwandeln sich die Schwingungen in Wasserwellen, welche zur Schnecke vordringen. Die Schnecke hat $2^1/_2$ Windungen; in ihr liegt das im Querschnitt dreieckige häutige Labyrinth, begrenzt durch die untere, Grundmembran, und die obere, *Reißner*sche Membran. Diese Grundmembran betrachtet man gewöhnlich (obwohl es von andern bestritten wird; vgl. ZPs 63, 144) als eine Art Saitenapparat, der geeignet ist, durch Resonanz die Schwingungen aufzunehmen. Sie besteht nämlich aus elastischen Fasern, jede ungefähr $^1/_{500}$ *mm* im Durchmesser, etwa 20000 an der Zahl, deren Länge nach oben hin immer mehr zunimmt, und zwar nach *Hensens* Messungen um etwa das Zwölffache, was mit der Zahl der hörbaren Oktaven übereinstimmt.

Auf der Grundmembran sitzt das *Corti*sche Organ, im Querschnitt bestehend aus je zwei Pfeilerzellen, die einen Tunnel zwischen sich lassen und auf beiden Seiten weitere Pfeilerzellen und Härchenzellen besitzen. In letzteren endigen die Nerven.

Die *Helmholtz*sche Resonanztheorie nimmt an, daß jede Faser der Grundmembran auf eine bestimmte Schwingung gestimmt ist und deshalb durch Resonanz von der betreffenden Welle zum Mitschwingen veranlaßt wird; diese Schwingung errege dann den zugehörigen Nerven, der die Erregung weiter zum Gehirn leite, wo sie durch eine spezifische Tonempfindung beantwortet werde.

Man hat oft gefragt, ob so winzige Fasern wirklich auf so tiefe Töne, wie wir sie hören, abgestimmt sein könnten. *Helmholtz* untersuchte die Frage mathematisch und fand keine Schwierigkeit. *Hensen* beobachtete die Hörhaare einer Krebsart, die auf einen Ton am stärksten mitschwangen, während die andern mehr in Ruhe blieben. Das gleiche fand sich bei Fühlern von Insekten: ein Beweis, daß so kleine Gebilde, wie die Querfasern der Grundmembran wohl auf Töne aus dem mittleren Gebiet der Tonreihe abgestimmt sein können. Diese Fasern sind im Ohr stark belastet und in eine Flüssigkeit eingetaucht, was ihren Eigenton erniedrigt. Die Spannung ist uns am lebenden Ohr nicht bekannt, kann aber recht wohl derart sein, daß die Wirkung sich erklärt (*Waetzmann*). Für die Theorie spricht besonders die früher genannte Tatsache des Doppelthörens. Bei *Spalding* wurden auf dem linken Ohr, wenn es überangestrengt war, die Töne g^2 bis b^2 um eine kleine Terz tiefer gehört als im rechten. Die Erklärung aus der Resonanztheorie vgl. S. 34. Ebenso erklären sich die „Tonlücken“ aus dem Versagen einzelner Fasern. In einem Fall fehlten die Töne f^1 bis h^1, ferner drei Töne in der zweigestrichenen Oktave und die höchsten Töne. Nach *Baginsky* kommt Schwerhörigkeit für einzelne Töne vor; nach *Urbantschitsch* ebenso Ermüdung, während die Empfindlichkeit für

die übrigen Töne unbeschädigt war (*N. Brühl*). *Lehmann* (Lehrbuch Kap. 32) fand bei Untersuchung einer ähnlich gespannten und gedämpften Membran, daß eine Schallwelle immer eine gewisse Strecke der Membran, nicht eine bloße Faser erregt; es gäbe also nicht genau dieselbe Art von Schwingungen, die *Helmholtz* annahm, aber doch sehr ähnliche. Auch der normale Tonumfang ließ sich daraus verstehen.

Neben der gewöhnlichen Schalleitung durch das Trommelfell gibt es eine direkte Knochenleitung, besonders für hohe Töne. Der von einem Ohr aufgenommene Ton kommt durch Knochenleitung auch zum andern, selbst bei ganz leisen Tönen (vgl. *Schäfer*).

§ 2. Die Gehörempfindungen psychologisch betrachtet.

Wir sehen hier ab von den Beziehungen zu den physikalischen Reizen. Der elementarste Gegensatz ist der zwischen Ton und Geräusch, wenn auch gewöhnlich nur eine Mischung beider beobachtet wird. Subjektiv genommen ist uns ein Ton etwas Klares, Musikalisches, Ruhiges, selbst wo es sich um einen stetig veränderten Ton handelt. Das Geräusch dagegen ist etwas Rauhes, Unruhiges. Man denke an den Gegensatz von metallisch und hölzern.

1. Am Ton pflegt man drei Haupteigenschaften zu unterscheiden: Stärke, Höhe und Klangfarbe. Der Stärke nach haben wir, wie immer, ein eindimensionales Kontinuum, eine Reihe von Null bis zur höchsten Stärke, darstellbar durch eine gerade Linie. Auch in der Tonhöhe bilden die Töne nach der gewöhnlichen Darstellung eine eindimensionale Mannigfaltigkeit. Es ist eine stetige Linie, die nicht in sich geschlossen ist. Entfernt man sich vom Ausgangston, so wird die Unähnlichkeit immer größer.

Für den Gegensatz der Tonhöhen verwenden fast alle Sprachen Worte, wie hoch und tief, scharf oder hell und dumpf oder dunkel, klein und groß. Sie alle sind durch mannigfache Assoziationen aneinandergebunden. Den tiefen Tönen entsprechen meist größere Instrumente; der tiefe Abgrund gehört zu Dunkel, der helle Himmel zu Hoch. Aber solche Assoziationen machen offenbar nicht den ganzen Tatbestand aus. Den Tönen scheint noch in viel eigentlicherem, ursprünglicherem Sinn eine Art Ausdehnung, ein Volumen zuzukommen. Die tiefen Töne haben etwas Massiges, den ganzen Kopf Einhüllendes; die höchsten Töne erscheinen unmittelbar als spitz, dünn, klein. Diese Beobachtung führte allmählich dazu, im Tonvolumen etwas Besonderes zu sehen, das mit der Tonhöhe zwar im ganzen parallel verläuft, aber nicht mit ihr zusammenfällt. So schon Stumpf. Nach *Titchener* (1908) verändern sich Tonhöhe und Tonvolumen an den Enden des Tongebietes verschieden schnell. *G. Rich* (1916) findet die Unterschiedsschwelle, die sich für Tonvolume unmittelbar bestimmen läßt, durchgängig größer, als für Tonhöhen; die erstere folge dem *Weber*schen Gesetz, was die für Tonhöhe nicht tut.

Die Klangfarbe endlich ist vorläufig gesagt dasjenige, was die gleich hohen Töne bei verschiedenen Instrumenten unterscheidet. Zum Teil beruht der Unterschied freilich auf Nebengeräuschen, wie denen des streichenden Bogens bei der Violine, des Hammeranschlages; aber auch abgesehen davon bleibt eine Verschiedenheit, welche die Töne nicht verwechseln läßt und durch Worte wie voll, weich, dünn, schmetternd usf. ausgedrückt wird.

Auch das Geräusch zeigt die Haupteigentümlichkeiten der Töne, besonders klar die Unterschiede der Stärke. Aber auch die Höhen-

verschiedenheit fehlt nicht: Pistolenknall ist höher als Kanonendonner. Die Sprache bringt diesen Unterschied durch die Wahl eines dunkeln oder hellen Vokals zum Ausdruck; z. B. in der von unten nach oben aufsteigenden Reihe: brummen, poltern, rauschen, rasseln, knattern, schmettern, knistern, ticken u. dgl. Die meisten andern Unterschiede der Geräusche beruhen auf zeitlichen Verschiedenheiten: das Momentangeräusch, wie Knall; das anhaltende gleichförmige Geräusch, wie Rauschen, Zischen; die Folge von Momentangeräuschen, beim Rasseln, Knattern. — Eine besonders wichtige Verbindung von Tönen und Geräuschen ist die menschliche Sprache.

2. Genauere Untersuchung der Tonhöhe.

Von jeher hat man beachtet, daß Oktaven große Ähnlichkeit mit dem Grundton zeigen, so daß sie von Ungeübten leicht verwechselt werden. In vielen alten Musiksystemen, also auch bei rein melodischer Musik, kehren dieselben Tonnamen in allen Oktaven wieder. Eine Melodie wird ohne weiteres auf ein anderes Instrument übertragen, in eine andere Oktave ohne Änderung der Begleitung. Soll ein angegebener Ton nachgesungen werden, so behält man denselben Ton nur bei passender Höhenlage, sonst wählt man eine andere Oktave.

Worauf beruht diese Oktavenähnlichkeit? *Helmholtz* führt sie auf eine teilweise Gleichheit zurück; da die Oktave schon im Grundton als Teilton enthalten ist, fügt sie der tieferen Stimme nichts Neues hinzu. Dann dürften aber obertonfreie Oktaven keine Ähnlichkeit mehr haben, ebensowenig sehr entfernte Oktaven; die Duodezime müßte ähnlicher sein als die Doppeloktave: alles Folgerungen, die unhaltbar sind. Deshalb nimmt *Brentano* (1907) an, die Tonhöhe umfasse zwei verschiedene Eigenschaften, die Qualität, die in jeder Oktave wiederkehrt, und die Helligkeit, die sich fortlaufend ändert; letztere betrachtet er (ähnlich den Farben) als eine veränderliche Mischung eines hellen und dumpfen Bestandteiles. Für diese Unterscheidung machte er schon die meisten der eben angeführten Gründe geltend. Aber größere Beachtung erlangte sie erst, seitdem es *Révész* gelang, sie durch viele neue Tatsachen zu stützen.

Wenn er Unmusikalischen verschiedene Intervalle vorführte und nach der Ähnlichkeit der beiden Töne fragte, so erschien je nach der Betrachtungsweise bald der weniger entfernte als ähnlicher, bald der Oktaventon. Bei Vergleich von Oktaven und Quinten wurde angegeben, die Distanzen seien bei der Oktavenreihe größer, aber die Töne ähnlicher, harmonischer. Das Intervall wurde zwar nicht als Oktave erkannt, aber die Töne als höchst ähnlich, ja gleich, dieselbe Tonhöhe kehre in anderer Lage wieder. Die Distanzenähnlichkeit kommt besonders klar zum Bewußtsein, wenn man, wie *Stumpf* schon angab, die ganze Tonhöhenreihe möglichst schnell und stetig nach oben durchläuft; die Oktavenähnlichkeit dagegen, wenn man die Tonleiter durch mehrere Oktaven langsam gibt, mit geeigneter Einstellung der Aufmerksamkeit. Musikalische und Unmusikalische beschreiben dieses Verhältnis gleichartig.

Rich (AmJPs 30 [1919] 121 ff.) macht auch die Verschiedenheit der Schwellen geltend. Bei der Bestimmung nach der Helligkeit nimmt die Schwelle nach der Mitte hin ab und dann wieder zu. Von 275 bis 550 war die absolute Schwelle ziemlich gleich, weiter nach oben die relative. Die Schwelle für Qualität ist größer und steigt beständig an, ohne dem *Weber*schen Gesetz zu folgen; letzteres tut die Schwelle für Tonvolumen, die die größte von allen ist.

Danach liegt die Oktavenähnlichkeit an der Gleichheit der musikalischen Qualitäten, die in jeder Oktave wiederkehren, während die Helligkeiten

in immer gleicher Richtung voranlaufen. Wir nennen *Brentano* folgend die letztere Eigenschaft die Helligkeit, die periodische Eigenschaft die (musikalische) Qualität, und gebrauchen das Wort Tonhöhe im alten Sinn für den ungeschiedenen Begriff.

3. Der stärkste Beweis der Unterscheidung liegt natürlich in der gelegentlich beobachteten Trennung beider. So kann pathologisch die musikalische Qualität konstant bleiben bei verschiedener Tonhöhe. *Révész* bringt den Fall *v. Liebermanns,* bei dem zwischen g^2 bis cis^4 die Helligkeiten normal anstiegen, aber alle Töne *cis*-Qualität behielten. Wurden Intervalle geboten, der eine Ton gis^2, der andere allmählich immer höher steigend, so wurden alle Intervalle als Primen aufgefaßt; so kam er sukzessiv durch lauter Primen bis gis^3, das als Oktave aufgefaßt wurde.

In einem Fall von *Daae* hörte der Kranke zwischen 128 und 2048 immer dieselbe musikalische Qualität F, verstand aber die Sprache richtig (*Köhler*). Den umgekehrten Fall (von *Révész*), daß bei gleicher Helligkeit die musikalische Qualität sich (in sehr engen Grenzen) ändere, betrachtet *Stumpf* als nicht erwiesen.

Auch schon normal gehen an den Grenzen des Tongebietes beide Eigenschaften auseinander. Hohe Töne, von d^4 an werden um einen halben Ton oder mehr zu tief gehört. In der fünf- und sechsgestrichenen Oktave wird die Feststellung der Tonhöhe immer mehr unmöglich. Es scheint die musikalische Qualität hier zu fehlen; so urteilen schon *Stumpf, K. Schaefer.*

Appunn sandte einst an *Stumpf* vier Pfeifen, die er nach seinem Gehör auf c^5, c^6, c^7, c^8 gestimmt hatte. Bei objektiver Untersuchung fand sich, daß die Töne in Wirklichkeit h^4, es^5, g^5, h^5 waren. Melodien sind in diesem Gebiet unkenntlich.

L. Hermann: Wenn man in einen Phonographen eine Melodie pfeift, so hört man später bei sehr schneller Drehung nur ein Zwitschern ohne Spur einer Melodie. Auch für tiefste Töne bezeugen *Helmholtz, Schaefer, Brentano* das Fehlen der musikalischen Qualitäten. Auffallend ist die große Dunkelheit und Rauheit der tiefsten Töne (*Köhler*).

Eine ähnliche Trennung findet *Révész* bei den Geräuschempfindungen. Ein Holzbrettchen klingt angeschlagen geräuschartig, ohne bestimmte Qualität; eine Reihe von ihnen kann dagegen die Tonleiter geben, indem man den Helligkeiten einen musikalischen Charakter beilegt.

Eine Bestätigung sah man auch in den ausgesprochen Unmusikalischen, bei denen die Qualität zu fehlen scheint mit Bewahrung der Helligkeit. *Brentano* vergleicht sie mit Farbenblinden und *Stumpf* findet diese Auffassung sehr wahrscheinlich. Ein solcher (bei *Köhler*) fand die Ausdrücke hoch und tief für Töne sinnlos, während er hell und dumpf verstand. Militärsignale hatte er nie lernen können. Von der Melodie versteht er nur den Rhythmus, wie beim Tanz. Dagegen hörte er die Sprache normal. *Rob. Franz* fand bei einem Gehörleiden die Terz g^2 bis b^2 leblos geworden; es sei kein Klingen mehr, sondern ein Klatschen ohne Höhe und Tiefe. — Aus derartigen Gründen hat die Anschauung Anklang gefunden, daß in der Tonhöhe drei verschiedene Eigenschaften verbunden seien: Tonvolumen, Helligkeit und musikalische Qualität.

Eine ganz eigene Anschauung vertritt *Watt.* Nach ihm ist die Tonhöhe die intensiv vorherrschende Stufe in einem Volumen, eine Ordnung, eine Größenverschiedenheit. Der Klang ist ein regelmäßiges System von nach Stufen geordneten einfachen Tönen, worin ein Element vorherrscht. Klänge und Harmonien sind Verzierungen der Umrißlinie des Volumens des tiefsten Tones. Der Sinn dieser in räumlichen Ausdrücken gehaltenen, aber nicht räumlich gemeinten Worte ist nicht klar.

§ 3. Die Abhängigkeit von den äußeren Reizen; besonders die Tonstärke.

1. Die Abhängigkeit im allgemeinen. Der gewöhnliche äußere Reiz, der in uns eine Gehörempfindung weckt, sind die Luftwellen, welche sich vom schwingenden Körper kugelförmig ausbreiten und an unser Ohr treffen. Der Unterschied von Ton und Geräusch wird gewöhnlich darauf zurückgeführt, daß der Ton auf periodische Luftschwingungen weise, das Geräusch auf nicht periodische. Das ist aber kein prinzipieller Gegensatz. Auch periodische Schwingungen, wenn sie nur genügend verwickelt sind, geben ein Geräusch, wie man es z. B. hört, wenn man eine Reihe von Tasten nebeneinander gleichzeitig niederdrückt. Anderseits bleibt der musikalische Toncharakter bestehen, wenn die Schwingungen sich ganz langsam stetig ändern, so daß wir nicht periodische Schwingungen hintereinander haben. Es kommt wesentlich auf Dauer und Zusammengesetztheit der Schwingungen an.

Bei den Tönen gilt die allgemeine Regel: Jede der gewöhnlich genannten Eigenschaften eines Tones wird durch eine entsprechende Eigenschaft der Schwingungen bedingt, nämlich die Intensität des Tones durch die Amplitude (Weite) der Schwingung, die Tonhöhe durch die Schwingungszahl, die Klangfarbe durch Zusammensetzung aus einfachen Schwingungen mit ihrer Verschiedenheit von Wellenlänge und Schwingungsweite.

Die Form der Schwingung hängt auch von der Phase ab, in der die Teilschwingungen aufeinander treffen. Da aber das Ohr die zusammengesetzten Schwingungen zerlegt und die Bestandteile bloß einzeln zur Wirkung kommen läßt, so muß die Phasenverschiedenheit für die Klangfarbe gleichgültig sein; das haben die Experimente in der Tat bestätigt. Hier liegen also die Verhältnisse wesentlich einfacher und durchsichtiger als bei den Gesichtsempfindungen; die Eigenschaften verändern sich bei den Gehörempfindungen unabhängig voneinander.

2. Die Abhängigkeit der Tonstärke. (*Helmholtz:*) Von zwei Tönen gleicher Amplitude ist der höhere lauter. Die Piccoloflöte übertönt in ihren höheren Lagen das ganze Orchester. Ein einziger guter Sopran beherrscht Chor und Orchester, wenn seine Töne höher liegen (*Stumpf*). Genau heißt der Satz nach *Bosanquet:* Zwei verschieden hohe Töne der mittleren Oktaven erscheinen gleich laut, wenn die Arbeit der Wellenlänge proportional ist. Der Grund ist: die lebendige Kraft ist proportional dem Produkte $(an)^2$, wo a Amplitude, n Schwingungszahl bedeutet. Also bei gleicher lebendiger Kraft wird a um so kleiner sein, je größer das n ist. Danach müssen alle Bestimmungen über Schwellenwerte bei jeder Tonhöhe gesondert gemacht werden.

Die Intensitätsschwelle. *Rayleigh* fand für den Ton f^4 die Schwelle bei einer Amplitude $a = 0{,}81$ μμ, was er nur für eine obere Grenze hält. *Wien* fand für a^1 die Amplitude 0,066 μμ. In Erg umgerechnet, setzt er für $n = 1600 - 3200$ Schwingungen das Minimum zu $2{,}5 \cdot 10^{-12}$ Erg. Genaueres bietet *Schäfer.*

Individuell schwankt die Hörschärfe sehr stark. Sie wird der Schwellenintensität umgekehrt porportional gesetzt. Praktisch läßt sie sich bestimmen durch die Hörweite, d. h. die Entfernung, in der ein Ton eben noch gehört wird. Denn für Töne im Freien, bei etwas größerer Entfernung gilt das Gesetz der quadra-

tischen Abnahme für den Schall. Seien H_p und H_n die zu prüfende und die normale Hörschärfe, r_p und r_n die zugehörigen Hörweiten, so gilt:

$$H_p = \left(\frac{r_n}{r_p}\right)^2 \cdot H_n$$

Absolute Abwesenheit des subjektiven Ohrgeräusches ist freilich nicht zu erreichen, so daß in Wirklichkeit ähnlich wie beim Auge nur die Unterschiedsschwelle geprüft wird. Einige praktische Werte sind nach *Struycken:* Schwerhörige, die die Flüstersprache am Ohr eben noch hören, haben in mittlerer Lage eine etwa 1000mal höhere Schwelle als normal. Wenn sie eben noch Konversationssprache hören. haben sie eine 100000mal größere Schwelle. Für praktische Prüfung bei Massenversuchen verwendet man die Flüstersprache im Freien. Die normale Hörweite dient als Nenner, die gefundene Hörweite als Zähler (was allerdings nach dem Vorigen nicht genau ist). Als Entfernung, in der normal Flüstern noch gehört werden kann, gilt 18 *m*, beim Militär 23 *m*. Selbst auf 35—40 *m* werden geflüsterte Zahlen noch verstanden.

Die Unterschiedsempfindlichkeit für Schallintensitäten gilt als grob. Für Geräusche wird etwa $^1/_3$ als relative Schwelle angegeben, für Töne $^1/_5$ — $^1/_8$. Doch stellte *H. Keller* (PsSd 3 [1908]) für fallende Kugeln bei größerer Übung Werte fest. die gemäß einer Nachrechnung *Wirths* $^1/_{20}$ — $^1/_{29}$ betrugen; wobei er offen läßt, ob nicht Tonhöhenunterschiede mithalfen. *P. Sander* (PsSd 6 [1910]) findet bei Tönen Werte zwischen $^1/_5$ und $^1/_{30}$, am häufigsten $^1/_{17}$.

§ 4. Tonhöhe und Schwingungszahl.

1. Die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen. *Witasek:* Ein geübtes Ohr erkennt in der mittleren Region absolute Unterschiede von 0,35 bis 0,65 Schwingungen fast stets richtig. In einer mittleren Oktave sind also über 1000 Töne ihrer Höhe nach unterscheidbar. *Brentano* bezieht diese feine Unterschiedsempfindlichkeit auf die Qualität, nicht auf die Helligkeit, worin ihm *Stumpf* beistimmt. Die Genauigkeit wird sehr viel kleiner gegen die Grenzen der Hörbarkeit hin. *Stücker* (ZPs II 42) gibt als mittlere Werte d^{-1} : 0,94; a^1 : 0,32; a^2 : 0,30; a^3 : 0,44; g^4 : 0,86; g^5 : 4,91. Der Einfluß der Übung sei groß; weshalb die Unterschiedsempfindlichkeit bei Musikalischen wesentlich feiner, bei Unmusikalischen wesentlich gröber sei. Weder die absolute, noch die relative Unterschiedsschwelle ist konstant. Die relative ist im allgemeinen in der ein- und zweigestrichenen Oktave am feinsten. Die Empfindlichkeit erleidet in der Oktave Schwankungen, die in jeder Oktave wiederkehren.

Wesentlich höher sind die Werte bei gleichzeitigen Tönen. Nach *Schaefer* und *Guttmann* beginnt die deutliche Zweiheit in der mittleren Tonlage bei zehn Schwingungen; in den höheren und tieferen Gebieten bei 17—30, wenn man vom Einklang ausgeht. Die bloße Unreinheit beginnt viel tiefer, aber nie unter drei Schwingungen Unterschied, während bei aufeinanderfolgenden Tönen noch bei einer halben Schwingung die Verschiedenheit ziemlich sicher erkannt wird (*Stumpf*). Ungeübte können freilich auch bei Intervallen, wie Terz und mehr, oft nicht angeben. welcher Ton der höhere sei, was wohl nicht auf Fehler der Unterschiedsempfindlichkeit hinweist, sondern auf mangelnde Assoziation.

Das absolute Gehör ist die Fähigkeit, einen gehörten Ton richtig zu benennen oder zum Namen den Ton richtig anzugeben. *Révész* unterscheidet das qualitative Gehör und die Helligkeitsbeurteilung. Für das qualitative Gehör sind die Ton-

höhen Individualitäten. Das Urteil erfolgt rasch, sicher, richtig; die Töne werden durch musikalische Namen bezeichnet, ebenso schnell wie bei der Angabe des Namens einer Farbe; dieses Gehör erscheint eher angeboren. Die Tonhöhen dagegen unterscheiden sich nicht spezifisch, sondern ähnlich wie die einzelnen Glieder der Graureihe; die Urteile danach sind unsicher, brauchen Zeit; das Tonmaterial wird dabei allmählich enger begrenzt; das Urteil entwickelt sich durch Übung. Bei der Qualitätsbeurteilung sind Oktavenfehler selten; da muß also die Tonhöhenerkennung mitwirken. Aber die dazu nötige Übung braucht dafür nicht groß zu sein, weil nur die Gegend so eingeprägt werden muß, keine Individualität. *Köhler* fand bei Musikalischen das absolute Gehör oft nur bei Klaviertönen, nicht bei Stimmgabeln. Die Beobachter gaben an, nach der Klangfarbe (dick, dünn, voll usw.) zu urteilen. Nach *Köhler* bestimmt die Helligkeit die Tonlage im Groben; dazu kommt etwas Qualitatives. So erscheine ihm der C-Klang als etwas Festes, Geschlossenes, F vielmehr zwiespältig usw. Bei fremdartigen Klängen konnten sich einige dadurch helfen, daß sie die Klänge erst nachsangen, worauf sie erkannt wurden. Gegen die behauptete Seltenheit des absoluten Gehörs spricht eine Erfahrung von *Katz* (6 CgEPs, 86 ff.): elfjährige Volksschüler, die nur neun Monate lang den gewöhnlichen Gesangsunterricht nach der Worttonmethode von *Eitz* genossen hatten, besaßen bis zu einem gewissen Grad das absolute Tongedächtnis. In etwa der Hälfte der Fälle konnte von ihnen ein angegebener Tonname richtig gesungen werden (d. h. um weniger als einen halben Ton falsch) oder ein vorgesungener Ton mit seinem Namen bezeichnet werden. Sicher lag dieses günstige Resultat wesentlich an der vorzüglichen Methode, bei der zwischen dem Tonnamen und dem gesungenen Ton eine überaus feste Assoziation gestiftet wird.

2. Die Grenzen der Tonhöhenwahrnehmung. Die älteren Angaben über die untere Grenze schwanken zwischen 9 und 24 Schwingungen. Doch sind diese Angaben unsicher, weil die Obertöne nicht berücksichtigt wurden; diese können bei tiefen Tönen sogar den Grundton an Stärke überwiegen, und Grundton und Oktav sind, wenn gleichzeitig vorhanden, schwer zu unterscheiden. In den neueren Angaben suchte man die Zahl der Schwingungen mit Hilfe von Schwebungen nachzuprüfen. Nach *Ellis* gaben Zungen von 15 und 19 Schwingungen 4 Schwebungen, was beweist, daß der Grundton noch gehört wurde. Bei tiefen Tönen ist der vorherrschende Eindruck ein flatterndes Geräusch, eine Erregung des Drucksinnes (*v. Frey*).

Für die obere Grenze sind die Angaben verschieden je nach den Prüfungsmitteln. Mit Klangstäben kam man höchstens bis e^7 (21000). Mit höchsten Stimmgabeln kam *R. König* bis etwa f^7 (22000). Mit Galtonpfeifen gab *Edelmann* an, 50000 (etwa g^8) zu erreichen, was heute verworfen wird. Nach *Köhler* muß die Pfeife mit stärkerem Druck angeblasen werden, um 20000 zu erreichen; sonst werde in Wirklichkeit nur ein Ton von 10000 gehört. Auch *Pratt* (1920) erreicht mit Stahlzylindern als Höchstwert f^7, als Mittelwert nur d^7 (18600).

Die höchsten Töne der Stimmgabeln sind schmerzlich, als würde mit einer feinen Nadel das Ohr gestochen; die höchsten Galtontöne werden spitzer, schließlich punktförmig. Die obere Grenze kann durch Verstärkung des Tones etwas hinausgeschoben werden; nach *Gildemeister* (ZPs II 50, 161 ff.) bei Steigerung auf das 25-fache, um einen halben Ton. Diese Erweiterung der Tongrenze fordert kein neues Organ, sondern nur, daß auf größere Stärke auch ein entfernterer Resonator mitschwingt

(*Hensen*). Übung steigert die obere Grenze nicht. Die meisten Menschen zeigen auf beiden Ohren Unterschiede, die selten größer sind, als einige hundert Schwingungen (*Gildemeister*). *Titchener* berechnet, daß vom geübten Ohr etwa 11000 Töne der Höhe nach unterschieden werden können.

Zwaardemaker stellt ein presbyakustisches Gesetz auf: Mit dem Alter rücken die oberen und unteren Töne regelmäßig etwas zusammen, aber die untere Grenze steigt meist nicht über 16, die obere sinkt nicht leicht unter 11000. Er nimmt dabei als normale obere Grenze 20500 an. *Gildemeister* bestätigt die Angaben. Die obere Grenze sank von 6 Jahren an mit nicht ganz 20000 (dis^7) bis zum 20. Jahr langsamer (18000); dann schneller bis zur Mitte der Dreißiger (15000); dann wieder langsamer auf 13000 (gis^6) bei 47jährigen; im ganzen um eine Quint. Daß die Zahlen hier etwas kleiner sind, liegt an der Schwäche des gewählten Tones.

Über die Tonlücken und ihren Zusammenhang mit der Resonanztheorie war schon die Rede (S. 96). Daß das eine Ohr die Töne etwas höher hört als das andere, scheint fast normal zu sein; als pathologisch gilt es, wenn der Unterschied einen Halbton beträgt (*Titchener*). Eine Sammlung solcher Fälle bietet *Stumpf* (I 266).

3. Die zeitlichen Verhältnisse der Tonentwicklung. Die kleinste Zahl von Schwingungen, die noch Toncharakter haben: Viele Beobachter fanden bei Übung zwei Schwingungen genügend, so *Abraham* und *Brühl* mit der Lochsirene, *Kohlrausch* mit Zahnrad und Kartenblatt; doch nahm bei ihm die Bestimmtheit des Tones bis 16 Schwingungen noch zu. Der einzelne Tonstoß gibt nach *Mach* einen trockenen Schlag, aus dem sich eine Tonhöhe erst nachträglich entwickelt, scheinbar ohne Bezug auf den Schlag. Eine Fehlerquelle bei diesen Bestimmungen ist: man hat bei der Sirene schon Klänge, nicht einfache Töne, bei denen die Tonhöhe bedeutend mehr Schwingungen verlangt. So findet *Bode* (PsSd 2 [1907]) bei leisen Tönen zwischen 128 und 512 Schwingungen Werte von 12—30; bei mittelstarken Tönen bis 22 Schwingungen. Die hohen Töne haben kleinere Hörzeiten, aber größere Schwingungszahlen. *De Groot* (ZPs II 44 [1910]) findet bei tiefen Tönen 4—7, bei mittleren (c^2) 10—20, bei c^4 40—70; bei leiseren Tönen etwas mehr. Bei kürzesten Zeiten hat man eine Geräuschempfindung, je nach der Stärke hauchartig oder knallartig. Die Empfindung beginnt mit Helligkeit und schreitet später zum Ton fort. Bei leisen, tiefen Tönen ist der Eindruck oft der von unbestimmten Tastempfindungen (*Bode*).

Das Anklingen. Auch die Erreichung der höchsten Intensität braucht Zeit; nach der Resonanztheorie ist das begreiflich. Da nimmt mit den sich folgenden Stößen die Intensität der Schwingungsweite zu, bis sie mit der Dämpfung im Gleichgewicht steht (*Waetzmann*). Nach *Kafka* (1907) brauchen schwache Töne 1,7″, stärkere viel weniger. Nach *P. Sander* (1910) geht der Anstieg anfangs rasch, dann langsamer und erreicht seinen Höchstwert zwischen 600 und 900 σ; rascher bei stärkeren und höheren Tönen; der Anstieg kann vorübergehend zurückgehen. — Sehr leise Töne brauchten mehrere Sekunden zu ihrer vollen Stärke. Bei Schwerhörigen kann es bis 10 Sekunden dauern. Also je geringer die Hörschärfe und je leiser der Ton, desto mehr Schwingungen müssen sich zum Zweck des Anklingens summieren. Schwerhörige hören bisweilen besser, wenn Geräusch vorhanden ist, welches das Organ anregt.

Das Abklingen geht sehr schnell, wie schon aus der Möglichkeit, die Sprache zu verstehen, hervorgeht. Nach *Abraham* und *Schaefer* kann in fast allen Oktaven gleich schnell getrillert werden, etwa 30 Schläge in der Sekunde (an den Grenzen 25), bevor der Triller verwaschen wird. — Nachempfindungen werden bisweilen angegeben; so von *Roels* (1915) nach den hohen Tönen der Galtonpfeifen zwischen 2 und 30″ dauernd, stets höher als der Reiz; bisweilen mit einem zweiten Nachbild, das aber vom Ohrgeräusch wenig zu unterscheiden sei. Auch *Köhler* findet bei höchsten Tönen Nachempfindungen. Sonst kommen auch nach starken und langen Tönen positive Nachbilder nicht vor, sondern höchstens Veränderungen des Tonschlusses, lang dauernder Druck im Ohr. Vereinzelte Angaben einer Wiederkehr des Tones blieben aus, nachdem die Schallquelle in einem schalldichten Behälter abgeschlossen war (*G. H. Bishop*). Es mag sich bei den Nachbildern um sinnlich starke Vorstellungen handeln. — Ermüdung für Töne wird meist geleugnet. Nur wieder für höchste Töne, die wie S klingen, findet *Köhler* vorübergehendes Nachlassen der Intensität. Ebenso *Gildemeister* bei den höchsten Tönen, wodurch die obere Grenze dann um einige hundert Schwingungen erniedrigt wird.

4. Die musikalische Ordnung und Benennung der Töne. Von den vielen unterscheidbaren Tönen verwendet die Kunst nur wenige, in einer Oktave von mehr als tausend unterscheidbaren Tönen höchstens 12, während bei der Malerei alle beliebigen Zwischenstufen gebraucht werden. Der Grund ist teils praktischer Natur, da viele Instrumente nicht mehr leisten können, teils ästhetischer, da die Kunst Verwandtschaft der verwendeten Töne verlangt, besonders in der mehrstimmigen Musik. In der reinen Melodie, bei den Alten und den heutigen Orientalen, ist eine viel größere Mannigfaltigkeit möglich.

Das Prinzip der Ordnung ist, daß es nicht auf absolute Schwingungszahlen ankommt, sondern auf ihre Verhältnisse. Dasselbe Verhältnis macht musikalisch immer einen ähnlichen Eindruck. Deshalb sind die Verhältnisse, Intervalle genannt, entscheidend für die Benennung der Töne. Das wichtigste derselben ist die Oktave, das Verhältnis 1 : 2 der Schwingungszahlen. Das ganze Gebiet der Töne wird zunächst in Oktaven eingeteilt, und in jeder Oktave kehren dieselben Benennungen wieder. Die hauptsächlichsten sonstigen Intervalle sind: Quinte (2 : 3), Quart (3 : 4), große Terz (4 : 5), kleine Terz (5 : 6) usw. Alle brauchbaren musikalischen Intervalle lassen sich aus zweien, der Quint (Q) und der großen Terz (T), ableiten, indem man um eines oder mehrere dieser Intervalle nach oben oder unten geht, d. h. für die Rechnung mit ihrer Verhältniszahl multipliziert oder dividiert. Wenn man dadurch in eine andere Oktave als die Ausgangsoktave 1—2 gekommen ist, muß man durch Multiplikation oder Division mit 2 dahin zurückverlegen. So findet sich die große Sext (5 : 3), indem man um eine Terz nach oben geht (· 5/4), dann um eine Quint nach unten (: 3/2) und endlich durch Multiplikation mit 2 in die Oktave zurückkehrt. Symbolisch: gr. Sext = T/Q, wenn man die Oktavenverschiebung vernachlässigt, oder in Rechnung: gr. Sext = (5/4 : 3/2 · 2) = 5/3. Danach bestehen in der gebräuchlichsten musikalischen Tonleiter (d. h. Ordnung der musikalisch verwendbaren Töne einer Oktave ihrer Höhe nach) folgende Namen der Töne, Größen der Intervalle zum Grundton, Schwingungsverhältnisse der Intervalle und Ableitung derselben aus Terz und Quint:

c	*d*	*e*	*f*	*g*	*a*	*h*	*c*
Grundton	Sekunde	gr. Terz	Quart	Quint	gr. Sext	gr. Septim	Oktave
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
	$Q \cdot Q$	T	$/Q$	Q	T/Q	$Q \cdot T$	O

In dieser Tonleiter besteht zwischen dem dritten und vierten Ton, ebenso zwischen dem siebten und achten ein Halbtonintervall, sonst immer ein Ganztonintervall. Wenn man dieselbe Tonleiter, d. h. Reihenfolge von Verhältnissen nicht

von *c*, sondern von einem andern Ton an beginnt, reichen die genannten Töne nicht aus, sondern es müssen weitere Halbtöne nach oben oder nach unten gehend hinzugenommen werden. Die Namen der um einen halben Ton erhöhten Töne bildet man durch Anhängung der Silbe „is" (*cis, dis* usw.), die Namen der um einen Halbton erniedrigten durch Anhängung von „es" (*ces, des* usw.; nur *as*, statt *aes*, und *b* statt *hes*). Die gewöhnliche Tonbezeichnung, wobei der Buchstabe die Qualität, der Zahlenindex die Tonhöhe nach Oktaven angibt, genügt natürlich nicht, wenn nach *Révész* diese beiden Elemente auseinandergehen. Er schreibt dann beispielsweise gis^{h^2}, d. h. der Ton mit der Qualität *gis* und der Helligkeit des h^2. Weniger umständlich wäre wohl $gis(h^2)$ zu schreiben. Um zu viel Töne zu vermeiden, hat man aus praktischen Gründen die Oktave in 12 (geometrisch) gleiche Teile geteilt, und jedes Halbtonintervall gleich einem dieser Schritte, jedes Ganztonintervall gleich zweien derselben genommen. Jeder Halbton berechnet sich dann aus dem vorhergehenden, indem man mit $\sqrt[12]{2}$ multipliziert. Das ist die „gleichschwebende Temperatur".

Die verschiedenen Oktaven haben folgende Namen: Subkontra-Oktave (C_2 bis H_2); Kontra-Oktave (C_1 bis H_1); Große Oktave (C bis H); Kleine Oktave (c bis h); 1 gestrichene Oktave (c^1 bis h^1); 2 gestrichene Oktave (c^2 bis h^2) usw. Durch Übereinkommen hat man festgesetzt, welche genauere Schwingungszahl mit einem der genannten Töne verbunden werden soll, z. B. $a^1 =$ 440 Schwingungen; dann lassen sich die Schwingungen aller andern Töne daraus leicht berechnen; z. B. $C_2 = 16\,^1/_2$; $C = 66$; $c = 132$; ... $c^7 = 16\,896$.

Die Musik verwendet auch nicht diesen ganzen Tonbereich innerhalb der Hörgrenzen. Das Orchester hat die Grenzen E_1 (etwa 41) bis d^5 (4752; Piccoloflöte). Die Orgel hat 9 Oktaven: C_2 bis c^6. Ein Schema aller Töne nach *Titchener* gibt die Fig. 19.



Fig. 19. Die Reihe der Tonqualitäten, verglichen mit dem Tonbereich eines großen Pianos (nach *Titchener*).

5. Ordnung der Töne nach reiner Stimmung.

Literatur. *v. Öttingen*, Das duale System der Harmonie, in *Ostwalds* Annalen der Naturphilosophie Bd 1 und 2, dem unsere Darstellung folgt.

Die reine Stimmung spielt nicht bloß für die Theorie eine Rolle, sondern auch in der Praxis beim Gesang ohne Begleitung und bei Streichinstrumenten. Man kommt darin zu einer außerordentlich großen Menge von Tönen, deren Übersicht hier geboten werden soll.

Die Oktave entspricht dem Schwingungsverhältnis 1 : 2; da in jeder Oktave dieselben Benennungen wiederkehren, denken wir uns alle darüber hinausgehenden Töne in sie zurückverlegt. Gehen wir von einem beliebigen Ton in Quinten weiter, so bekommen wir die Töne *f c g d a e h*, und wenn wir noch weiter nach oben gehen, *fis cis gis dis ais eis his fisis cisis* usw. Nach unten kann man ebenso durch Quintenschritte zu immer andern Tönen kommen: *b es as des* usw. Soweit man aber auch nach beiden Seiten fortfahren mag, so kommt man doch niemals zu genau denselben Tönen zurück. Diese ganze Reihe von Tönen ist eine Quintengeneration.

In ihr fehlen aber trotzdem noch manche nahe verwandte Töne, z. B. die große Terz 4 : 5; denn die beiden Töne *c* und *e* der vorigen Quintengeneration verhalten sich wie 64 : 81, die große Terz dagegen wie 64 : 80; also die richtige Terz ist etwas tiefer als die quintverwandte Terz, um ein „Komma" (80/81), wie man sagt; *v. Öttingen* schreibt sie $\overline{e}$ (mnemonisch zu behalten an: durch den Balken etwas niedergedrückt).

Denkt man sich zu jedem Ton der Quintengeneration die große Terz darüber geschrieben, so bekommt man eine zweite Quintengeneration. In ähnlicher Weise kann man weitere nach oben und unten beifügen, welche immer um eine Terz hinauf oder hinunter gehen. Alle so möglichen Töne werden zusammengefaßt in der Buchstabentonschrift:

. . . .			$\overline{\overline{fis}}$	$\overline{\overline{cis}}$	$\overline{\overline{gis}}$	$\overline{\overline{dis}}$	$\overline{\overline{ais}}$	$\overline{\overline{eis}}$	$\overline{\overline{his}}$	$\overline{\overline{fisis}}$	. . . .				
. . .	$\overline{c}$	$\overline{g}$	$\overline{d}$	$\overline{a}$	$\overline{e}$	$\overline{h}$	$\overline{fis}$	$\overline{cis}$	$\overline{gis}$	$\overline{dis}$	$\overline{ais}$	$\overline{eis}$	$\overline{his}$	. . . . . .	
des	*as*	*es*	*b*	*f*	*c*	*g*	*d*	*a*	*e*	*h*	*fis*	*cis*	*gis*	*dis*	. . .
. .	$\underline{fes}$	$\underline{ces}$	$\underline{ges}$	$\underline{des}$	$\underline{as}$	$\underline{es}$	$\underline{b}$	$\underline{f}$	$\underline{c}$	$\underline{g}$	$\underline{d}$	$\underline{a}$	$\underline{e}$	. . . . . .	
. . . .				$\underline{\underline{bb}}$	$\underline{\underline{fes}}$	$\underline{\underline{ces}}$	$\underline{\underline{ges}}$	$\underline{\underline{des}}$	$\underline{\underline{as}}$	$\underline{\underline{es}}$	$\underline{\underline{b}}$	$\underline{\underline{f}}$	$\underline{\underline{c}}$	. . . . . .	

Die Tabelle enthält dann alle musikalisch bedeutungsvollen Töne nach reiner Stimmung, nämlich alle Intervalle, in denen nur die Primzahlen 2, 3, 5 vorkommen. Sie gestattet, die Verhältnisse aller darin enthaltenen Töne sofort zu berechnen; man sieht nur nach, wie viel Schritte nach rechts (links) und wie viel nach oben (unten) zu machen sind, wenn man vom ersten zum zweiten übergeht, und multipliziert (dividiert) im ersteren Fall so oftmal mit $^3/_2$, im letzteren mit $^5/_4$, wobei man die Vielfachen von 2 vernachlässigt, da man immer in die alte Oktave zurückverlegt.

Die genauere Durtonleiter von *c* aus, hat nach reiner Stimmung die Töne $c\ d\ \overline{e}\ f\ g\ \overline{a}\ \overline{h}\ c$, die nach der obigen Tabelle alle in der Tat sehr eng um das *c* liegen (in der Tabelle durch eine Linie umschlossen).

Um aus einem Ton mit gegebener Schwingungszahl einen andern zu berechnen, der ein bestimmtes Intervall höher liegt, müßte man mit der Verhältniszahl multiplizieren. Nimmt man aber statt aller Zahlen immer ihre Logarithmen, so braucht man nur zu addieren. Zu weiterer Vereinfachung rechnet man die Intervallzahlen auf $^1/_{1000}$ Oktave (1 *mo* = Millioktave, die Oktave = 1000 *mo*) als Einheit um. Für jedes Intervall *z* findet sich dann seine Zahl in *mo* aus:

$$x = \frac{\log z}{\log 2} \cdot 1000.$$

So findet sich: die Quint ($z = {}^3/_2$) = 585 *mo*, die Terz = 322 *mo*.

Da jedes andere Intervall sich nach der Tabelle aus Quint und Terz zusammensetzen läßt, durch so vielmalige Addition oder Subtraktion als Schritte in den verschiedenen Richtungen zu machen sind, ergeben sich daraus leicht alle übrigen Intervalle; z. B.: Quart = Oktav — Quint = 415; kleine Terz = Quint — große Terz = 263; der große Ganzton = 2mal Quint = 170; der große Halbton (c — $\underline{des}$) = — Quint — Terz = 93; der kleine Halbton (c — $\overline{cis}$) = 3mal Quint + Terz = 77 usw.

Im temperierten System geht die Rechnung noch einfacher, da in ihm jeder Halbton = 1000 : 12 = $83{,}\dot{3}$, was so vielmal zu addieren ist, als das Intervall Halbtöne umfaßt. So ist beispielsweise die Sekunde dann = $166{,}\dot{6}$, die große Terz = $333{,}\dot{3}$, die Quart = $416{,}\dot{6}$, die Quint = $583{,}\dot{3}$ usw.

Danach übersieht man leicht den Grad der Unreinheit der Intervalle in der temperierten Stimmung. Die Quint ist nur um 1,6 *mo* verstimmt, also fast rein. Dagegen sind die Terzen recht merklich verstimmt, die große Terz um 11,4, die kleine um 13 *mo*. Ein Instrument mit fast völlig reiner Stimmung ist das von *Bosanquet*, das auf der 53stufigen temperierten Stimmung von *Poole* beruht. Es werden nämlich 53 Quinten = 31 Oktaven gesetzt, was einen Gesamtfehler von nur 2,88 *mo* bedeutet, also für die einzelne Quint von 0,054 *mo*.

Wenn pathologisch die Qualitätsverschiedenheit ausfällt, können die Intervalle noch nach der Helligkeit (als reine Distanzen) mit ziemlicher Genauigkeit beurteilt werden.

§ 5. Die Klangfarbe.

Literatur. *Stumpf,* Die Struktur der Vokale, 1918.

Wie *Helmholtz* zuerst völlig klarlegte, hängt die Klangfarbe von der Form der Gesamtwelle ab, oder von der Art und Zahl der sie zusammensetzenden Wellen. Schon *Mersenne* hatte erkannt, daß wir in einem Klang eine Reihe von „Teiltönen" hören. *Ohm* fügte die Behauptung hinzu, das menschliche Ohr höre nur einfache pendelartige Schwingungen, Sinuswellen, als Töne. *Fourier* leitete den mathematischen Satz ab, daß jede Kurve sich als Übereinanderlagerung von Sinuswellen darstellen läßt, deren Schwingungszahlen ganzzahlige Vielfache von derjenigen einer Grundschwingung sind; und das immer nur in einer einzigen Weise. Alles das vereinigte *Helmholtz,* indem er zeigte, daß die Klangfarbe nichts anderes sei als die Zusammenfassung der Teiltöne zu einem Ganzen. Wird ein Ton hervorgebracht, dessen Schwingungszahl wir als Einheit nehmen wollen, „Grundton", so entstehen gewöhnlich auch viele seiner „Obertöne", welche ganzzahlige Vielfache des Grundtones ausmachen, also die Töne 2 3 4 usw. in sehr verschiedenem Stärkeverhältnis. Alle diese Obertöne mit dem Grundton zusammen nennt man die „Teiltöne" des Klanges.

1. Die Analyse des Klanges in seine Teiltöne. Die Gegenwart der Teiltöne läßt sich am einfachsten durch Resonatoren nachweisen. Diese verstärken nämlich einen gewissen Grundton, wenn er in der Klangmasse enthalten ist, ganz außerordentlich, andere nicht oder weniger. Freilich wird so durch den Resonator das Stärkeverhältnis der Teiltöne verschoben. Man kann sie aber auch direkt heraushören, am einfachsten so, daß man sich vorher den betreffenden Oberton eigens angibt und dann die Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet hält; dann hört man ihn leichter aus dem Zusammenklang heraus. Besser noch, wenn man ihn abwechselnd im Klang auslöscht und wieder erscheinen läßt.

Als Resultat stellte *Helmholtz* die Sätze auf: a) Einfache Töne klingen weich und angenehm, ohne alle Rauhigkeit, aber unkräftig und in der Tiefe dumpf. Doch ist diese Regel nach *Stumpf* dahin zu ergänzen, daß die Töne in höherer Lage den Charakter der Weichheit immer mehr verlieren, heller und spitzer werden. Solch einfachen Tönen kommen am nächsten die Flöten der Orgel, die Stimmgabel auf Resonanzkasten, wenn man nur den ausklingenden Ton beachtet.

Diese Eigenschaften der einfachen Töne haben auch die Obertöne selbst, wenn sie einzeln aufgefaßt werden; sie verlieren dann die Klangfarbe des Instrumentes. Ebenso Töne, die so hoch sind, daß ihre Obertöne unhörbar werden.

b) Klänge, welche von einer Reihe niederer Obertöne bis etwa zum sechsten in mäßiger Stärke begleitet werden, erscheinen klangvoller, musikalischer, prächtiger, reicher; so die offenen Orgelpfeifen, der leise Ton der menschlichen Stimme, des Hornes.

c) Bei ungeradzahligen Teiltönen bekommt der Klang einen hohlen, bei einer größeren Anzahl einen näselnden Charakter. So bei der Klarinette.

d) Wenn der Grundton an Stärke überwiegt, ist der Klang voll, sonst leer.

e) Wenn die höheren Teiltöne jenseits des sechsten sehr deutlich werden, wird der Klang scharf, rauh (die schmetternden Klänge der Blechmusik).

Für die Klangfarbe eines Instrumentes ist also die Zahl und Stärke der Teiltöne entscheidend; die verschiedenen Klänge des Instrumentes werden so lange die gleiche Farbe behalten, als die Teiltöne in gleichen Intensitätsverhältnissen stehen. *Meißner* und *Herrmann-Goldap* finden auch bei den Instrumenten Teiltöne von konstanter absoluter Höhe, die durch die Form des Instrumentes bedingt seien. Aber nach Köhler beweisen das ihre Kurven nicht. Aus der Ähnlichkeit der Form bei verschieden hohen Tönen folgt im Gegenteil, daß die Verhältnisse der Teiltonintensitäten im wesentlichen bestehen bleiben, womit die *Helmholtz*sche Theorie sich bestätigt.

2. Die Erklärung der Regeln. Sie wurde zuerst von *Stumpf* eingehender gegeben. Ihre Grundlage ist, daß schon der einfache Ton eine Farbe besitzt, „die Tonfarbe". Die höheren Töne sind, auch wenn einfach, schärfer, spitzer, durchdringender, intensiver und bringen dieses Element in die Klangfarbe mit hinein.

Die zu erklärenden Gegensätze lassen sich auf drei zurückführen: dunkel — hell, dumpf (weich) — scharf (rauh), voll (breit) — leer (dünn). — Der Gegensatz dunkel — hell geht einfach auf die Helligkeit. Kinder, die die Ausdrücke hoch und tief noch nicht kennen, verstehen leicht die Benennungen dumpf und hell. Es sind also Eigenschaften der Teilempfindungen, welche dem Ganzen (dem Gesamtklang) zugeschrieben werden. Manches geht auf die Intensität zurück. Einfache Töne sind um so schwächer, je tiefer sie sind. Weich, mild bedeutet soviel als schwach. Schrill, durchdringend weist auf die außergewöhnliche Intensität hoher Töne. Dazu kommen die Nebenempfindungen, das Stechende bei hohen starken Tönen (durchdringend). Da eine Mehrzahl von Empfindungen, welche nicht unterschieden werden, leicht als stärker aufgefaßt wird, begreift sich, daß ein obertonreicher Klang „kräftiger" erscheint. Es wirken mit die Schwebungen der Obertöne untereinander, die Rauhigkeit hineinbringen, verschieden nach der Zahl der Schwebungen, erst rauh, später scharf, schließlich markig, womit auch Geräusche sich verbinden, z. B. ein feines Zischen. — Endlich gibt es in der Klangfarbe noch ein quantitatives Element, das wir bezeichnen als groß, breit, voll gegenüber klein, dünn, spitzig, fein. Es ist das Tonvolumen. Schon Kinder finden tiefe und hohe Töne als groß oder klein. Viele hohe Obertöne machen das Ganze spitzer, schärfer.

Diese drei Elemente also, Höhe, Stärke und Größe erklären die Klangfarbe. Weil die hohen einfachen Töne heller, im allgemeinen stärker und spitzer sind, darum erscheinen die Klänge, in denen sie ungeschieden enthalten sind, ebenso stark und spitz, um so mehr, je mehr und stärkere Obertöne darin sind. Die Klangfarbe ist nicht ein der Tonhöhe und -stärke gleich geordnetes Drittes, sondern sie kommt der Verbindung nur dann zu, wenn sie nicht zerlegt ist. Aus diesen Prinzipien gelingt es auch, die einzelnen Regeln von *Helmholtz* befriedigend zu erklären, wie *Stumpf* gezeigt hat.

Nach *Köhler* genügt diese Erklärung nicht für die Klangfarbe der Instrumente; denn diese zeigt auch, abgesehen vom Nebengeräusch in großen Gebieten etwas konstantes, während die Tonfarben sich mit der Tonhöhe ändern. Da muß wohl neben den Elementen auch ihr Verhältnis mit herangezogen werden. Ein Akkord mit einem gewissen Intensitätsverhältnis seiner Teiltöne hat auch eine gewisse Klangfarbe, die er auf verschiedenen Grundtönen aufgebaut behält. So kommt es

wohl auch beim Instrument auf diese Verhältnisse der Intensität der Teiltöne an, wie das *Mach* und *Krüger* schon ausgesprochen haben. Genaueres über das Bestehen und die Grenzen dieser Art Klangfarbe gibt neuestens *Stumpf:* Ein Flötenklang braucht 6—8 Teiltöne auf c^1, 4 auf c^2. Ein Trompetenton 16—17 auf c^1. Bei der Viola muß eine tote Strecke zwischen den Klangabteilungen liegen. In der Höhe nähern sich die Instrumente; c^3 der Flöte klingt fast wie Trompete. Zur Unterscheidung hilft da Klangeinsatz und Nebengeräusch.

Der obertonreiche Klang hat eine Ähnlichkeit mit dem Zusammenklang mehrerer gleich starker Töne, einem Akkord. Der Unterschied ist der, daß im Akkord die Teiltöne nahezu gleiche Stärke haben; der psychologische Unterschied. daß wir uns im Akkord leichter der Mehrheit bewußt sind, während ein Klang zunächst und den meisten beständig als Einheit erscheint, die nicht zerlegt werden kann. Aber dieser Unterschied ist nicht wesentlich. Wenn die Teiltöne des Akkordes sehr gleichmäßig anfangen und aufhören, z. B. bei der Mixtur der Orgel, erscheint er sehr leicht als Einheit. Ebenso kann dem Geübten der Klang als eine Mehrheit erscheinen. Ein Klang ist also nichts anderes als ein unaufmerksam gehörter, nicht zerlegter Akkord.

3. Die Vokalklänge. a) Die ältere Streitfrage. Auf Klangfarbe wird auch gewöhnlich die Eigenart der Vokale zurückgeführt, nur daß bei ihnen das Entscheidende nicht ein konstantes Stärkeverhältnis bestimmter Teiltöne ist, wie bei den Instrumenten, sondern die Gegenwart von Teiltönen von konstanter absoluter Höhe (*Helmholtz*). Gewisse Teiltöne beherrschen hier den ganzen Klang durch überwiegende Intensität.

Über die Natur dieses ausschlaggebenden Vokaltones standen sich die Ansichten gegenüber. Nach *Pipping* enthält die Vokalkurve nur harmonische Teiltöne, deren Intensität aber nicht von bestimmten Ordnungszahlen der Teiltöne abhängt. Die verschiedenen Vokale unterscheiden sich voneinander durch konstante Verstärkungsgebiete von verschiedener Anzahl, Breite und Lage. Das stimmt zur Ansicht von *Helmholtz,* nach dem aus dem obertonreichen Klang des Kehlkopfes je nach der Form der Mundhöhle verschiedene Teile verstärkt werden, und jedem Vokal eine feste Form der Mundhöhle, also ein Verstärkungsgebiet von bestimmter Höhe entspricht (die Resonanztheorie).

Hermann dagegen: Die Vokalkurve zeigt große Ähnlichkeit mit Schwebungen, mit Schwankungen der Intensität eines bestimmten Tones, der aus den verschiedenen Kurven desselben Vokales sich immer als von gleicher Höhe zeigt. Die Luft, welche in Perioden, die dem Grundton entsprechen, aus dem Kehlkopf austritt, bläst die Mundhöhle an. So entsteht ein oszillierender Mundton, der Formant, der nicht zum Grundton harmonisch zu sein braucht. Diese Hypothese fand viel Anerkennung, so bei *Wundt* und vor allem bei *Scripture,* nach dem die Obertontheorie abgetan und diese Luftstoßtheorie einfach Tatsache ist. *Hermann* betrachtet aber nicht den Formanten als den Vokal selbst, sondern die Unterbrechung des Formanten ist ihm das Wesentliche. Diese fange bei jeder Kehlkopföffnung von neuem an, weshalb auch keine Verschiebung im Bild der Vokalkurven sich zeige. Die Vokale sollen etwas spezifisch Neues sein, sie kommen in der Welt der Musik nicht vor (die Formantentheorie).

b) Auffassung der Vokale als Töne (*Köhler*). Nach den Versuchen von *Köhler* beruht der Vokalcharakter darauf, daß der entscheidende Oberton selbst wie der Vokal klingt. Das hatten gelegentlich schon früher Forscher bemerkt, so *Willis,* der alle Vokale in einfachen Klängen wiederfand, *Helmholtz, Graßmann, Hensen* und andere, wenigstens für einige

Vokale. Bietet man möglichst einfache Töne, so kann man nach einiger Übung mit großer Sicherheit die Vokale heraushören. Übereinstimmend fanden die Beobachter *Köhlers,* daß die Vokale in der Reihenfolge *u o a e i* den Tönen von der 1- bis zur 5gestrichenen Oktave zugeordnet sind. Die Vokalreihe hat große Ähnlichkeit mit der Linie der bunten Farben mit ihren Wendepunkten. Geht man von einem tiefen Ton, der wie *u* klingt, aus und steigt allmählich nach oben, so kommt immer mehr von *o* in den Klang hinein. Im Punkt des reinen *o* hört die Ähnlichkeit mit *u* ganz auf, und eine neue mit *a* stellt sich ein, die immer größer wird. Auf diese Weise fand sich der Punkt des *o* eine Oktave über dem des *u, a* wieder eine Oktave über *o.* Unter *u* tritt eine neue Qualität auf, die des Halbvokals *m.* Daher das Dumpfe, Brummende in den tiefen Tönen; diese letztere Angabe findet sich schon bei *Helmholtz, Hering, Grützner.*

Die Punkte der verschiedenen Vokale stehen recht genau im Verhältnis von Oktaven bei den Tönen c^1 (u) bis c^5 (i). Das Entscheidende für die Urteile liegt im Reihenbewußtsein, nicht im Behalten der einzelnen Töne. Die Sprachgewohnheit ist nicht entscheidend, da die Vokale der wirklichen Sprache von den reinen Vokalen abweichen. Geht man über *i* eine weitere Oktave hinauf, so hört man den Laut *s* (bei c^6): noch weiter nach oben schließt sich ein Blasegeräusch an, das dem *f* immer ähnlicher wird; rein ist es bei etwa 17 000 Schwingungen, wo es durch Interferenz auf c^7 ausgelöscht werden kann. Noch höher endlich soll das weiche *ch* folgen; *f* und *ch* sind auch dunkler als *s,* so daß danach die Helligkeit der Töne nicht einfach mit der Schwingungszahl steigt. *Köhler* findet die gewöhnlichen Bestimmungen der oberen Grenze deshalb angreifbar, weil man diese Konsonanten *f* und *ch* nicht beachte, sondern sie als Fehlerquelle ansehe. Die angegebenen Noten entsprechen allerdings den natürlichen Vokalen nicht ganz; am nächsten komme man ihnen, wenn man zwei Töne aus der Gegend zusammenbringe, die keine Schwebungen miteinander geben. — Mithin ist nach *Köhler* in den Tönen neben den andern Eigenschaften die Grundeigenschaft der Vokalität zu unterscheiden. Sie ist nicht die musikalische Qualität, die in jeder Oktave unverändert wiederkommt, während die Vokalität beständig wechselt. Ebensowenig die Helligkeit, die keine ausgezeichneten Punkte hat, und deren Änderung bei zusammengesetztem Klang ebenso wahrnehmbar, wie bei einfachem, was beim Vokal nicht zutrifft (*Révész*).

Nach einer späteren Ergänzung *Köhlers* ist der reine Vokal nicht einzig an einen bestimmten Ton gebunden. Es können sich auch andere Töne, die etwas von ihm haben, zu einem solchen Vokal ergänzen. Bei einem gewissen Intensitätsverhältnis gaben fis^1 und fis^2 zusammen ein *o,* bei einem etwas andern Verhältnis a^1 und a^2 dasselbe. *Köhler* vermutet, daß nicht die einzelnen Töne, sondern nur die Vokale Resonatoren haben. Dann würde ein Teilton zwischen ihnen die beiden benachbarten Resonatoren erregen, verschieden stark je nach der Nähe. Zwei Teiltöne mit gleichem Vokalcharakter erregen dessen Resonator und summieren sich dabei; nur ihre überschüssigen Reste können herausgehört werden.

Daß einfache Töne in der Nähe der angegebenen und in Oktavenabständen übereinander den Vokalen ähnlich klingen, ist von vielen bestätigt worden und hat, wie auch *Köhler* bemerkt, schon frühere Vertreter. So gibt *König* die Stimmgabeln *b* bis b^4 für die Reihenfolge der Vokale an. *Schole* (ArGsPs 39 [1919] 12 ff.) findet die Angaben für *m, u, o, a* befrie-

digend. Auch die *i*-Färbung von 4000 Schwingungen drängte sich ihm unwillkürlich auf. Aber die näheren Bestimmungen zeigen doch nicht unerhebliche Abweichungen. *U* fällt in die angegebene Gegend, in die Oktave *g* bis g^1. Für *o* wird g^1 bis g^2 angegeben; aber diesmal nicht als Grundton, dann klänge es vielmehr *u*-artig, sondern nur als Oktave eines andern Grundtones. Auch *a* liegt wenigstens in der Nähe des angegebenen Punktes, verlangt aber außerdem Resonanztöne und eine gewisse Füllung des Intervalles usw. *Lachmund* findet *o* (915—960) nicht genau eine Oktave über *u* (450); das sei auch nicht zu erwarten, da der „reine Vokal" individuell verschieden erscheine.

Noch viel mehr wird bestritten, daß die genannten einfachen Töne für sich genommen, die bezeichneten Vokale sind. *Stumpf* kann nur bei *u* und *i* eine gewisse Ähnlichkeit mit den betreffenden Tönen finden, bei den übrigen Vokalen kaum eine. Nach *Jaensch* geben einfache Töne nie ein *a* oder *e*. Selbst Versuchspersonen, die bei *Köhler* gute Resultate gegeben hatten, versagten, wenn ihnen die Töne in bunter Reihenfolge gegeben wurden. — *Rich* (AmJPs, 1919) kann die Oktavenbeziehung nicht bestätigen. Oft bringen die Versuchspersonen die Vokalreihe auf einen engeren Bereich unter. Die natürlichen Vokale enthalten nach ihm eine vorherrschende Tonhöhe in einer gewissen Gegend, die annähernd dem Oktavengesetz folgt. Wenn dieser Ton einem auf Vokale eingeübten (wie es die Versuchspersonen *Köhlers* waren) geboten wird, kann er die übrigen Elemente subjektiv hinzufügen. *P. A. Weiß* (AmJPs, 1920) findet bei vielen Beobachtern, daß die meisten Vokale kein klares Maximum an irgend einer Stelle der Tonreihe zeigten. Nur das war allgemein, daß die tiefen Töne einen mehr *u*-artigen, die hohen einen *i*-artigen Charakter aufwiesen. Die Stimmgabelklänge erschienen nicht wie Vokale, sondern nur ihnen ähnlich. Ebenso *Gatewood* (1920). — Aber wie erklärt sich dann das so überaus bestimmte Ergebnis *Köhlers?* *Stumpf* möchte hierfür annehmen, daß die Frage nach der Vokalähnlichkeit die Versuchspersonen veranlaßte, die Hauptvokale in der natürlichen Ordnung ihrer Helligkeit den Tönen zuzuordnen. Wenn man dann annähme, daß etwa die *C*-Qualität (um die es sich dabei handelt) etwas Auffälliges habe, wie das Rot mit seiner Eindringlichkeit, so ließe sich verstehen, daß dieser Punkt mit großer Genauigkeit für die ihrer Helligkeit nach sich folgenden Hauptvokale festgelegt würde. — Auch *Jaensch* findet das wahrscheinlich. *Köhler* antwortet, daß sich auch die Einstellung auf *i* genau nach dem Oktavengesetz bestätige, trotzdem an dieser Stelle die Qualität falsch gehört wird, die also nicht das Kriterium bilden kann. Dasselbe gelte für *s*, wo überhaupt keine Qualität mehr unterschieden wird. Eine Aufklärung dieses Punktes steht noch aus.

c) Auffassung der Vokale als Geräuschqualitäten. *Jaensch* stellte die Vokale künstlich her. Er unterbrach in einem gewünschten Rhythmus den Lichtstrahl, der auf eine Selenzelle einwirkte, und rief dadurch in einem elektrischen Strom eine zugehörige Stromschwankung hervor; diese wurde dann in einem Telephon in Töne verwandelt. So fand sich: Sinuswellen immer gleicher Länge ergeben einen reinen Ton; sind die Wellen immer verschieden, so hört man ein Geräusch. Zwischen beiden Grenzen, wenn die Wellen nur wenig verschieden waren, entstand ein Vokal, dessen Eigenart durch die mittlere Schwingungszahl bestimmt wird.

Die reinen Vokale liegen etwa, wie *Köhler* gefunden, in Oktaven übereinander. Nur ist bei reinen Vokalen die Höhe undeutlicher, noch mehr beim Geräusch. Bei

tieferen Tönen wird der Vokalcharakter übrigens schon bei reinen Sinuskurven deutlicher, tiefe Töne klingen wie *u*. Die für den Vokal günstige Störung der Wellenreinheit kann auf verschiedene Weisen hergestellt werden; z. B. durch Phasenverschiedenheiten. Legt man über den Grundton Quinten oder Quarten, so wurde das Intervall oft herausgehört; der höhere Ton erschien aber schwächer oder null, und der tiefere hatte deutlichen Vokalcharakter, besonders verglichen mit der reinen Sinuskurve. Je besser die Töne getrennt werden, desto mehr verschwindet der Vokaleindruck. Die Mischkurve ist eben der gestörten Sinuskurve des tieferen Tones sehr ähnlich, daher ihr Vokalcharakter. Wenn man bei den übereinandergelagerten Wellen die einzelnen Stücke durch Sinuswellen von entsprechender Länge ersetzt und deren Reihenfolge beliebig vertauscht („abgeleitete Wellen"), so bleibt die durchschnittliche Wellenlänge und ihre mittlere Variation unverändert; dagegen würde eine Analyse nun die allerverschiedensten Obertöne ergeben. Trotzdem ist die Vokalqualität genau dieselbe, ja noch aufdringlicher als in den ursprünglichen gemischten Wellen.

Man kann einen Vokal auf verschiedenen Noten singen. Setzt man auf eine Sinuskurve (die also einen bestimmten Ton gibt) unperiodische Schwingungen, die einer mittleren Durchschnittszahl nahe sind (einen Formanten), so hängt die Qualität des Vokals von der Durchschnittszahl des unperiodischen Obertones ab, seine Höhe von der Grundschwingung. Wenn keine Grundschwingung da ist, hat der Vokal auch noch eine Höhe, und zwar die des Tones, dessen Schwingungszahl gleich der Durchschnittsschwingungszahl der unperiodischen Schwingungen ist.

Der Vokal zeigt mithin eine Mittelstellung zwischen Ton und Geräusch. Wie das Geräusch hat er eine undeutliche Höhe. Dem Ton ist er darin näher, daß bestimmte Qualitäten, mit stetigen Übergängen und Wendepunkten bestehen. Der Vokalcharakter der einfachen Töne ist bei den Grenzen stärker (*u* und *i*), als in der Mitte (*a*). Die Kurve der einfachen Töne kommt bei *u* und *i* der Vokalreihe nahe, und weiter nach beiden Seiten geht dann der Vokal in Geräusche über (*m*, *s*). Auch beim Ton fällt an den Grenzen ja die Qualität weg und bleibt nur die Helligkeit. — *Jaensch* sieht in den Vokalen die Qualitäten des Geräuschsinnes. Der Geräuschsinn ist weniger ausgebildet als der Tonsinn, ist ein Sinn für Durchschnittswerte, nicht für Einzelschwingungen. Nur diese Formantentheorie erkärt nach *Jaensch*, daß wir beim Flüstern, also ohne Stimmton, deutliche Vokale hervorbringen, sogar mit besonders ausgesprochenem Charakter.

In Weiterführung der Versuche *Jaenschs* erziehlt *Lachmund* (ZPs 88 [1921] 1 ff.) künstliche Vokale, die von Fachleuten als befriedigend anerkannt wurden, weit mehr als die *Köhlers*. Die durchschnittliche Wellenlänge, die den Vokal bestimmt, kann zum Stimmton unharmonisch liegen (15:4), ist also ein Formant im Sinne *Hermanns*, wenigstens bei diesen künstlichen Vokalen. Das Wesentliche für die Vokalbildung ist die Störung des Tonhöheneindruckes der Vokalhöhe. Dafür wirkt die Mischung mit benachbarten Wellen, oder ein tiefer Stimmton. Daneben ist aber noch die subjektive Einstellung auf Vokale notwendig, statt auf Tonhöhen. Wegen der objektiven Zurückdrängung der Tonhöhen an den Grenzen sind *u* und *i* leichter erkennbar. Es begünstigt deshalb die Vokaleinstellung, wenn der Ton nur ganz kurz geboten wird (*Köhler*); das macht nämlich die Tonhöhe undeutlicher. Manchen glücken deshalb die Versuche *Köhlers* nicht, weil beim einfachen Ton die Tonhöhe näher liegt als der Vokal. Eine Versuchsperson, die vorher die Vokale sehr genau einstellte, vermochte es nach längerer Beschäftigung mit Musik zunächst nicht mehr, weil sie nun auf Tonhöhen eingestellt war.

Vielleicht gehört hierhin ein Beitrag von *K. T. Wagner* (Elektrotechn. Zeitschr. 38 [1917]). Nach *Flowers* ist für jeden Buchstaben ein Gesetz der Amplitudenänderung kennzeichnend, die Höhe des Tones ist weniger wichtig. Wenn man den Phonographen schneller dreht, hört ja die Verständlichkeit der Sprache nicht auf. Bei den momentanen Konsonanten tritt die Amplitudenänderung nur einmal auf, bei vokalartigen Lauten beliebig oft. Die Tonhöhe liegt bei Männern um c, bei Frauen um c^1; das Flüstern hat bei beiden dieselbe Höhe, die sich um die Oktave c^3 bis c^4 herum bewegt, und entspricht den Eigentönen der Mundhöhle, wie auch der Sprachlaut; während die Stimme durch die Töne des Kehlkopfs entsteht.

d) Auffassung der Vokale als bestimmter Teiltonverbindungen. Das Ideal ist, den Vokal aus seinen Bestandteilen aufzubauen. *Helmholtz* versuchte das in erster Annäherung. Erst *Stumpf* gelang die vollkommene Ausführung, wobei der künstliche Vokal im unwissentlichen Verfahren dem daneben dargebotenen natürlichen gleich oder gar reiner erschien. Nach *Stumpf* haben allgemein die dumpfen Vokale tiefere, die hellen höhere Teiltöne; die hellen zugleich zwei Maxima der Teiltöne, die durch ein Minimum getrennt sind. Bei verändertem Grundton behalten die Maxima für denselben Vokal ihre absolute Höhe bei, bilden seine Formantgruppe. Mit wachsender Höhe des Grundtones werden zugleich die Teiltöne immer weniger. Bei den meisten Vokalen hat man einen Hauptformanten und einen Nebenformanten; letzterer liegt bei den helleren Vokalen unter dem Hauptformanten.

Im einzelnen sind diese Elemente beim Grundton c folgende: für u ist der Hauptformant der Grundton selber und deshalb beweglich, wenn der Grundton sich verändert, vorausgesetzt, daß er unter g^1 bleibt. Ein Nebenformant bei f^2 verstärkt die Vokalwirkung. Dieser bewegliche u-Formant ist zugleich Nebenformant für andere Vokale, $ü$ und i. Für o ist der Hauptformant (beim genannten Grundton c) bei g^1; für a bei g^2; für $ö$ bei g^3 mit einem Nebenformanten bei g^1; für $ä$ bei b^3, mit dem

	U	O	A	Ö	Ä	Ü	E	J
b^4								**
as^4								
ges^4								
e^4								*
d^4							**	
c^4								
b^3					**	**		
as^3				**				
ges^3								
e^3								
d^3								
c^3								
b^2								
as^2			**		*			
ges^2	*							
e^2								
d^2								
c^2								
b^1								
as^1	**	**		*		*	*	*
ges^1								
e^1								
d^1								
c^1	↓					↓		↓
b								
as								
ges								
e								
d								
c	↓					↓		↓

Fig. 20. Teiltöne der Vokale (nach *Stumpf*).

Unterformanten bei g^2; für *ü* ebenso bei b^3, aber beweglichem Unterformanten, wie bei *u*; für *e* bei d^4 mit Unterformanten bei g^1; für *i* bei b^4 mit dem beweglichen *u*-Formanten und einem zweiten Nebenformanten bei e^4 (vgl. Fig. 20, S. 113).

Wenn der Grundton um einen Ton steigt, steigen im allgemeinen die Formanten um ebenso viel, da sie ja harmonische Teiltöne sein müssen; wenn der Grundton um eine Oktave steigt, bleiben die Formanten liegen, soweit sie noch Obertöne sind. Das Formantenzentrum kann sich in einem engen Bezirk um 1—2 Töne bewegen. Fügt man unharmonische Töne bei, so wird der Vokal rauh; wird ein Teilton verstimmt, so klingt auch der Vokal verstimmt. Die Flüstervokale fallen mit den Formanten zusammen, auch die Unterformanten sind schwach vertreten. Die Flüsterlaute ergeben sich als Geräusche, die wie eine Art Tonstaub eine bestimmte Zone des Tongebietes fast stetig ausfüllen. Dünne Stimmen enthalten weniger Teiltöne; übertrieben metallische zu viele, was die Vokale weniger unterscheiden läßt.

Steigt der Grundton über c^2, so werden die Vokale allmählich immer unkenntlicher, indem oft entscheidende Teiltöne ausfallen. Die Sänger täuschen sich darüber, da sie die richtigen Vokale ja vorstellen und hineinhören. So glaubt auch mancher mit einem stimmlosen *s* eine Melodie zischen zu können, aber der Zuhörer erkennt sie nicht, außer am Rhythmus. Bei einer gefeierten Sängerin waren von den auf e^2 gesungenen Vokalen nur noch 67 % erkennbar. *Hermann* sagt mit Recht, daß über c^3 keine Vokale mehr zu erkennen sind. Dieses Ergebnis ist gerade bei den unharmonischen Formanten *Hermanns* rätselhaft; dagegen verständlich, wenn von den harmonischen mehrere in die Formantenregion fallen müssen. Die Flüstervokale sind leichter erkennbar, da sie den Raum der Formantenregion stetig ausfüllen.

Auch Konsonanten ließen sich aufbauen. *Sch, f, ch* beginnen bei etwa c^2, bekommen jenseits c^3 stärkere Unterschiede, von a^3 an allmählich auch Charakterunterschiede. Zuerst bildet sich *sch* aus, dann *f* und *s*; von a^4 an auch das helle *ch*. Die Angabe *Köhlers*, daß *f* eine Oktave und *ch* zwei Oktaven über *s* liegen, war durch Interferenzversuche nicht zu bestätigen. Am höchsten erstreckt sich ein scharfes *s*. Aber auch dieses ist in der 6gestrichenen Oktave fertig.

Den Unterschied der gesprochenen und gesungenen Laute betrachtet *Stumpf* nicht als wesentlich. Beim Sprechen wird nicht dieselbe Tonhöhe festgehalten, ist der Übergang gleitend, die Intervalle nicht fest. Die Grundtöne bewegen sich bei Männern um *c*, bei Frauen um c^1. Mit den Grundtönen schwankt beim Sprechen gleitend die ganze Formantenregion. — Schaltet man durch Interferenz die e^2 bis b^4 aus, so ist alles Sprechen ein dumpfes Murmeln, worin nur noch *u* und *o* unterscheidbar sind. Dagegen war es von *Bezold* übertrieben, dieses von der „Sprachsext b^1 bis g^2" zu behaupten. Es leiden durch ihren Ausfall freilich einige Vokale wie *o, a, ä, e;* aber die Konsonanten sind meist erhalten, die Sprache nicht unkenntlich.

Köhler leugnet bei der gesprochenen Rede die Qualitäten, gesteht ihr nur noch die Helligkeiten zu; da auch streng Unmusikalische sie vollkommen verstehen. Aber das beweist höchstens, daß die Helligkeiten, die er den Unmusikalischen allein zuerkennt, für das Verständnis genügen, nicht, daß die Qualitäten auch normal fehlen *Lachmund:* Man kann auch den gesprochenen Laut nachsingen, man findet in ungewohntem Tonwechsel wie in fremden Dialekten leicht ein Singen, hat Übergänge zum Singen in der affektvollen Sprache usw.

e) Einige Schlußfolgerungen. Legen wir das einstweilen am besten begründete Tatsachenmaterial *Stumpfs* zu Grunde, so hat sich zweifellos die Erklärung von *Helmholtz* vorzüglich bestätigt. Nach ihm ist die Mundhöhle ein Resonator, der gewisse Obertöne der Stimme verstärkt, nach *Hermann* dagegen ein

selbständiges Instrument, eine Pfeife, die vom Luftstrom angeblasen wird. Nach dem ersteren müßten die wenig verschiedenen Wellenlängen, die einen Vokal bilden, alle Obertöne des Grundtones sein. Das Resonanzmaximum der Mundhöhle fällt im allgemeinen nicht mit einem Oberton zusammen, sondern zwischen zwei von ihnen, die dann entsprechend ihrer Entfernung davon verstärkt werden. Dadurch, daß die beiden benachbarten Teiltöne verstärkt werden, bekommt das Ganze einen schwebungsartigen Charakter, und zwar werden gerade soviele Schwebungen sich ergeben, als der Grundton anzeigt (z. B. 8—7 = 1, der Grundton).

Von den Anschauungen *Köhlers* liegt eine Bestätigung in dem Sinne vor, daß seine Wendepunkte vielfach in der Nähe der Hauptformanten liegen, besonders für *u, e* und *i*. Die Behauptung über *s* ist auch nicht ausgeschlossen; nur die von ihm vermutungsweise angesetzten *ch* und *f* scheinen nicht haltbar. Ob die Übereinstimmung noch genauer gestaltet werden kann, ist erst auszumachen, wenn durch Versuche mit allen Grundtönen der Bereich der Formantenregion genauer eingegrenzt ist. Mißlich bleibt es, daß nicht in beliebiger Reihenfolge zum einfachen Ton der zugehörige Vokal genannt werden kann, während doch bei den Farben leicht der Name zu nennen ist.

Die Thorie von *Jaensch* glaubt eine Art künstlicher Vokale neben den von *Stumpf* untersuchten natürlichen nachgewiesen zu haben. Für sie bleibt von Bedeutung, daß im Flüstern Vokale zu bilden sind, aber keine Melodien. Danach scheinen neben den auf Klangverbindungen beruhenden Vokalklängen noch andere zu bestehen, die als Geräuschqualitäten zu bezeichnen wären.

4. Das Geräusch in seiner Abhängigkeit von den äußeren Reizen. Die Hauptfrage ist, ob es, ähnlich dem Klang, auf einer Mehrheit gleichzeitiger Töne beruht oder etwas Eigenartiges ist, etwa mit eigenem Sinnesorgan. *Helmholtz* nahm das erstere an, und das ist die gewöhnlichere Ansicht; dagegen sprechen *Preyer, Hensen, Stumpf. Hensen* setzte für die Geräuschempfindung Otolithen und Bogengänge als eigenes Organ an. Die Qualität der statischen Empfindungen ist dunkel und könnte vielleicht mit der Stoß- und Flatterempfindung zusammenfallen, die dem Knall nicht unähnlich wären (*Ebbinghaus-Bühler*). Trotz aller Übergänge besteht eben doch für den Eindruck ein Unterschied zwischen Ton und Geräusch. Neue Gründe würde die Darstellung von *Jaensch* liefern, die wir mit ihrer Unterlage einstweilen vertagen müssen.

Anderseits sind die Gründe für die Gleichartigkeit von Ton und Geräusch doch stark überwiegend. Dabei braucht man gar nicht zu betonen, daß allen Geräuschen Töne beigemischt sind; das Klavier reagiert ja beim Heben seiner Dämpfung auf jedes Geräusch. Aber das beweist allein noch nicht, daß im Geräusch die Töne alles sind. Dagegen ist beweiskräftiger die Unmöglichkeit, eine scharfe Grenze aufzustellen. Es gibt Geräusche, die von ganz gleichmäßiger periodischer Reizung herrühren, die keine Schwankung zeigen. Die Konsonanten *m, f, s* dauern so gleichmäßig wie jeder Ton und machen doch den Eindruck eines reinen Geräusches. Viele Geräusche sind durch Interferenz auszulöschen, was physikalisch beweist, daß es periodische Wellen sind. Der Unterschied scheint also nur der zu sein, daß sich im Geräusch die unharmonischen Bestandteile beeinträchtigen. Bezeichnend sind die allmählichen Übergänge. Wird ein Ton verkürzt, so kommt man dadurch allein schon zu einem knallartigen Geräusch, das doch der Anfang eines Tones ist. Eine rasche Folge solcher Momentangeräusche könnte aber wohl jedes beliebige Geräusch zusammensetzen.

Auch sind keine neuen Eigenschaften aufzustellen, die ein spezifisches Geräuschorgan berechtigen würden; Helligkeit, Vokale, Konsonanten hat man ohne sie. Die Rauhigkeit des *r* liefern die Schwebungen der Töne geradeso. Wenn die Explosivlaute sich einstweilen durch Interferenz nicht auslöschen lassen, so begreift man

immerhin leicht, daß eine einmalige starke Drucksteigerung auf ein Organ ebenso wirkt, wie periodische Reizungen. Eigentlich müßte man, wie *Köhler* sagt, die Frage umkehren und so fragen: brauchen wir neben dem Organ für Geräusche noch ein eigenes für Klänge? Das Normale an Gehörreizen ist eben durchaus das Geräusch, beim Menschen etwa die Sprache. Die Klänge sind Sonderfälle, wo der Reiz nur ungewöhnlich einfach und für eine gewisse Zeit konstant ist, wie beim Singen oder künstlich hervorgebrachten Instrumenten.

§ 6. Schwebungen und Kombinationstöne.

1. Die Schwebungen sind nach *Helmholtz* regelmäßige Intensitätsschwankungen von Tönen, hervorgerufen durch gleichzeitige Einwirkungen von Tonwellen verschiedener Wellenzahl. Der subjektive Eindruck ist gerade so, als ob man einen einzigen Ton periodisch schwächte. Die Anzahl der Schwebungen ist gleich der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne, welche miteinander schweben. Der subjektive Charakter der Schwebungen hängt von ihrer Zahl ab. Bei langsamen Schwebungen bemerkt man ein stetiges Zunehmen und Abnehmen der Intensität. Bei größerer Schnelligkeit hört man nur noch durch Pausen abgegrenzte Schläge oder Stöße: die Erscheinung wird beschrieben durch Worte wie rollen, knattern, rasseln, schwirren. Nach *Wundt* kommt bei noch größerer Schnelligkeit ein Stadium, bei dem die Pausen ganz verschwinden und die Stöße als Erzitterungen über einem dauernd angehaltenen Ton erscheinen. Die Rauhigkeit der Schwebungen hängt von der Tonhöhe ab; bei gleicher Schwebungszahl ist sie um so größer, je höher die Töne sind.

Es gibt auch binaurale Schwebungen, wenn man die beiden Töne je einzeln den verschiedenen Ohren zuleitet. Sie sind so zu erklären, daß durch Knochenleitung jeder Ton auch in das andere Ohr gelangt und dann in gewohnter Weise Schwebungen erzeugt werden. Es zeigt sich dabei, daß die Zahl der Schwebungen nicht von dem gehörten Ton abhängt, der auf beiden Ohren verschieden sein kann, sondern von der Anzahl der Schwingungen.

Die größte Stärke haben Schwebungen einer mittleren Schnelligkeit, etwa 30 in der Sekunde, wenigstens im mittleren Tongebiet. Die höchste Zahl der hörbaren Schwebungen hängt von der Tonhöhe ab; in der Tiefe sind weniger aufzufassen; in der Höhe kann sich noch bis 400 in der Sekunde eine Rauhigkeit zeigen, und zwar auch bei konsonanten Intervallen. In der Tiefe kommen Schwebungen über ziemlich große Intervalle (eine Quinte) hinaus vor.

Auch Obertöne, die kräftig genug sind, geben hörbare Schwebungen. Ferner treten solche auf, wenn ein Ton nahe am harmonischen Oberton eines andern liegt, auch wenn dieser Oberton nicht vorhanden ist; so zwischen 200 und 398, 200 und 402. *König* nennt sie die „oberen und unteren Stöße". Es bildet sich nämlich zwischen den gegebenen Tönen ein Differenzton nahe dem unteren Ton, der mit diesem schwebt (198 mit 200).

Welchem Ton werden die Schwebungen zugeschrieben? Abweichend von den früheren Behauptungen von *Helmholtz* fand *Stumpf:* 1. In mittlerem Tongebiet werden zwei Töne mit dem Abstand eines Halbtones (*gis*^{1} — *a*^{1}) beide ruhig gehört, aber geschwächt; zugleich zwischen ihnen ein Mittelton, von weicherer Farbe, innerhalb des Ohres, welchem die Schwebungen anhaften. Der Mittelton

liegt etwa in der Mitte, dem jeweils stärkeren Ton etwas näher. 2. Bei größerer Entfernung der erzeugenden Töne ($g^1 - a^1$) bleibt der Mittelton aus und es schweben diese Töne oder derjenige von ihnen, dem sich die Aufmerksamkeit zuwendet. 3. Bei geringerer Entfernung wird nur ein Ton gehört, und zwar schwebend. Die Lage des Mitteltones tritt deutlich hervor, wenn man abwechselnd die beiden erzeugenden Grenztöne auslöscht; dann scheint der Mittelton immer nach der entgegengesetzten Seite zu rücken. Nach *Baley* (ZPs 67. 261 ff.) können in mittlerer Tonlage zehn benachbarte Töne, die sich über ein Halbtonintervall erstrecken, noch einen einzigen Gesamtton bilden neben einer gleichzeitigen Geräuschmasse; das Ganze macht einen einheitlichen Eindruck.

Erklärung der Schwebungen. Die Wahrnehmung der Schwebungen ist nicht aus dem periodischen Abnehmen und Zunehmen der Tonintensitäten der Trommelfellschwingung zu erklären, denn das Ohr zerlegt den Zusammenklang in seine Teiltöne. Die Ursache muß also im Ohr liegen. Vorauszusetzen ist, was auch *Helmholtz* annimmt, daß eine Schwingung nicht bloß eine Faser ergreift, sondern mit abnehmender Stärke auch die benachbarten; ferner das „Prinzip der Akkommodation“ (*Stumpf*), d. h. diese verschiedenen Schwingungen der benachbarten Fasern zeigen dann nicht ihre eigenen spezifischen Energien, sondern eine gemeinsame Energie irgend eines Mitteltones. Dann ist zu sagen: Durch zwei benachbarte Töne entstehen Erregungen, die übereinandergreifen. Bei einer mittleren Faser wird die gemeinsame Erregung am größten werden, und diese Faser bestimmt den Ton der benachbarten; daher der mittlere Ton, der schwebend gehört wird, weil seine Wellenintensität abwechselnd ab- und zunimmt. Die äußeren Töne schweben nicht; sie sind voneinander kaum beeinflußt; aber weil viele der Fasern, welche sonst ihnen zu gute kommen, für den Mittelton verwendet werden, wird jetzt ihre Intensität schwächer. Die Verlegung ins Ohr begreift sich, da die Aufmerksamkeit auf den Mittelton als eine subjektive Erscheinung gerichtet ist; ebenso wird Ohrenklingen usw. ins Ohr verlegt. Rücken die Töne immer weiter auseinander, so wird die mittlere Erregung immer weniger zu eigener Geltung kommen. Die äußeren Töne dagegen werden stärker und die Schwebungen ihnen zugeteilt. Beim Näherrücken dagegen bleibt für die erzeugenden Töne immer weniger an Fasern übrig; deshalb sind sie schwach erregt, durch den mittleren, stärker tönenden Ton unterdrückt.

Die Erklärung verlangt also nur, was schon für das Hören des einfachen Tones angenommen werden muß, daß das Prinzip der spezifischen Energien durch dasjenige der Akkommodation erweitert werde.

2. Die Kombinationstöne.

Literatur. *Stumpf,* Beobachtungen über Kombinationstöne, ZPs 55 (1910), 1 ff.

Erklingen zwei Töne t (= tief) und h (= hoch) gleichzeitig, so kann man häufig neben ihnen noch andere Töne hören; besonders deutlich den ersten Differenzton $D_1 = h - t$, d. h. einen Ton, dessen Schwingungszahl gleich der Differenz der Schwingungen der ursprünglichen Töne ist. Wenn man den Differenzton selbst wie einen objektiven Ton betrachtet, kann man mit seiner Hilfe zu weiteren Differenztönen fortschreiten, und in der Tat sind derartige Differenztöne manchmal hörbar, so besonders $D_2 = 2t - h$, daneben auch ein sogenannter Summationston $S = h + t$. Alle diese Nebentöne faßt man unter dem Namen Kombinationstöne zusammen. Sie fallen unter die Formel $\pm \alpha h \pm \beta t$, wo α und β ganze Zahlen sind. Der Summationston läßt sich rechnerisch als Differenzton

ausdrücken, wenn t und h die Verhältniszahlen beider Töne bedeuten, nach der Formel:

$$h \cdot (t + 1) - t \cdot (h - 1) = h + t.$$

Welche von diesen theoretisch aufstellbaren Tönen werden wirklich gehört? Zunächst ist zu unterscheiden zwischen objektiven und subjektiven Kombinationstönen, je nachdem sie schon außerhalb des Ohres bestehen und deshalb durch einen Resonator verstärkt werden, oder erst im Ohr zur Entstehung kommen. Zwei ganz getrennte Stimmgabeln geben keinen objektiven Differenzton, wohl aber einen subjektiven. Wenn man dagegen die Gabeln auf denselben Tisch aufschraubt, entsteht auch ein objektiver. Die Bildung des objektiven Differenztones hat die Physik zu erklären; wenn er objektiv vorhanden ist, verlangt es keine weitere Erklärung, daß er auch gehört wird. Dagegen ist hier zu untersuchen, welche subjektiven Differenztöne vorkommen und warum. Dabei sehen wir zunächst von den Obertönen ab und fragen, was einfache Grundtöne an Nebentönen verursachen können. Nach *Helmholtz* wären von den vielen mathematisch aufstellbaren Kombinationstönen nur der erste Differenzton und der Summationston hörbar. *Krüger* fand beim Zusammenklingen zweier Töne in der Regel außer dem Summationston vier bis fünf Differenztöne, die nicht an das Dasein von Obertönen gebunden seien. Sie sind nach ihm zu berechnen durch Subtraktion der jeweilig kleinsten Schwingungszahlen (D_1 bis D_5).

Stumpf fand diese Lehre nicht hinreichend bewiesen und erlangte bei sorgfältiger Nachprüfung folgende Resultate:

Für die Methodik dieser Versuche fordert er, daß die Beobachter auf Zerlegen von Tongemischen durch lange Übung geschult sind. Zweifelhafte Kombinationstöne sind durch Schwebungen mit einer Hilfsstimmgabel nachzuprüfen. Wenn keine Schwebungen auftreten, kann man sicher sein, daß kein Kombinationston in der Nähe besteht. Selbst Töne unter der Wahrnehmungsschwelle können dadurch noch nachgewiesen werden. Jeder so gefundene Kombinationston muß seiner Höhe nach bestimmt werden, was wieder am besten durch Schwebungen geschieht. Natürlich müssen die Obertöne der zu prüfenden Töne sorgfältig durch Interferenz entfernt werden wie das schon *Krüger* erfolgreich ausführte.

Die Resultate. In der mittleren Tonlage (von etwa 150 bis 2000 Schwingungen, d bis c^4) finden sich, wenn die Primärtöne innerhalb einer Oktave bleiben, von erheblicher Stärke nur die zwei Differenztöne $D_1 = h - t$ und $D_2 = 2t - h$.

Denkt man sich die Primärtöne von der Prim an auseinandergehen, so steigt D_1 aus der Tiefe auf; es erscheint erst bei 30 Schwingungen Differenz, gleichgültig, wie hoch die Primärtöne sind. D_2 dagegen beginnt unterhalb des tieferen Tones und geht nach unten. Beide sind bis etwa zum Verhältnis 3 : 5 der Primärtöne ziemlich stark, bisweilen gleich den primären, so bei der drei- und viergestrichenen Oktave, selbst in der mittleren Region bei Terzen. Wenn die ursprünglichen Töne eine Quint Distanz erreichen, kreuzen sich D_1 und D_2, wobei D_2 momentan völlig ausfällt, verdrängt wird. In der Nähe der Oktave (zwischen den Primärtönen) endigt D_1 unterhalb des t, D_2 schon bei 60 Schwingungen.

Besonders günstig für Differenztöne sind Primärtöne, die übermittelstark sind; auch dürfen sie nicht zu ungleich sein. Doch kann bisweilen ein Differenzton bleiben,

wenn auch ein Primärton ganz schwach genommen wird. Bei größerer Stärke scheint der tiefere Differenzton zu überragen, bei geringerer der höhere.

Die Differenztöne sind von den subjektiven Veränderungen der Höhe der Primärtöne unabhängig, welch letztere sich durch Verstärkung oder Schwächung ändern kann. Also muß die subjektive Veränderung zentraler zustande kommen als die Bildung der Kombinationstöne. Etwas Ähnliches gilt auch von den Schwebungen.

Neben den genannten kommt noch der Summationston $h + t$ vor und einige höhere Differenztöne, die aber neben den zwei genannten alle sehr schwach sind. Die meisten finden sich bei den kleinen Intervallen der Primärtöne. unterhalb der kleinen Terz (bei mittlerer Tonlage); von dieser an sind keine Differenztöne außer D_1 und D_2 mehr zu finden, nach der großen Sext fällt auch $2t - h$ weg. Nach der Oktave sind nur mehr $h - t$ und $h + t$, beide sehr schwach, hörbar, jenseits des Intervalls 1 : 8 nur noch $h + t$, jenseits 1 : 12 gar keiner mehr. Man kann alle vorkommenden Kombinationstöne in die Reihen ordnen:

1. $2t - h;\ h - t;\ t;\ h;\ h + t.$
2. $4t - 3h;\ 3t - 2h;\ 2t - h;\ t;\ h;\ 2h - t;\ 3h - 2t;\ 4h - 3t.$

In der ersten Reihe entsteht jedes Glied rechnerisch durch Addition der beiden vorhergehenden; in der zweiten ist jedes Glied das arithmetische Mittel seiner Nachbarn. Das soll aber nur eine Zusammenfassung der Beobachtungen sein.

Die Differenztöne bilden weder unter sich noch mit den Primärtönen weitere wahrnehmbare Differenztöne; nur oberhalb der geprüften Region (oberhalb c^4) finden sich Ausnahmen. Der Summationston ist nicht als Differenzton aufzufassen, gebildet mit Hilfe eines Obertones oder eines andern Differenztones; er ist sehr schwach bei Intervallen innerhalb einer Oktave. Der relativ starke Summationston, den *Helmholtz* und andere erhielten, war wohl unecht, besonders durch Differenztöne und Obertöne verstärkt. Wenn man Obertöne zuläßt, kommen natürlich noch weitere Kombinationstöne dazu, die aber entsprechend schwächer sind.

Erklärung der Kombinationstöne. Früher dachte man sich gewöhnlich die Kombinationstöne als Fortsetzung der Schwebungen, welche bei größerer Zahl als Ton gehört würden. So schon *Lagrange* und *Young*, auch *R. König*. *Helmholtz* verwarf mit Recht diese ältere Theorie. Damit stimmt nicht das Bestehen des Summationstones und der übrigen Differenztöne außer dem ersten; auch nicht, daß die Schwebungen von der Oktave an nach *Stumpf* nicht die Frequenz $h - t$, sondern t annehmen; ebenso stimmt nicht, daß bei Verstimmung der Quinte oder Oktave Schwebungen auftreten und an Schnelligkeit zunehmen, ohne daß ein neuer Differenzton daraus entsteht.

Ein Hinweis auf eine Erklärung liegt in der merkwürdigen Tatsache, daß die subjektiven Kombinationstöne ganz derselben Art sind wie die objektiven. Bewirkt man am Harmonium einen Differenzton. so wird er durch einen Resonator verstärkt. Bewirkt man dann einen subjektiven Differenzton durch zwei verschiedene Harmonien. so wird er nicht mehr verstärkt, ist aber subjektiv fast ebenso laut wie vorher. Die objektiven Kombinationstöne erklärt *Helmholtz* aus den physikalischen Bedingungen: indem beide Töne aus dem gemeinsamen Windkasten gebildet werden, läßt sich ableiten, daß auch $h - t$ und $h + t$ gehört werden müssen. Als Ursprung der subjektiven Differenztöne betrachtet er das Trommelfell mit Zubehör; bei starker Reizung gewinne auch das Quadrat der Schwingungsweite Einfluß auf die Bewegung, was eine

asymmetrische Elastizität des schwingenden Körpers voraussetzt. — Der Grundgedanke hiervon ist wohl annehmbar, nicht dagegen die besondere Fassung. Aus jener physikalischen Ableitung würden sich auch die Töne $2h$ und $2t$ ergeben; man müßte also diese Obertöne als subjektive Folge der einfachen Töne wahrnehmen, was sich nicht bestätigt. Auch wären die so erklärten Kombinationstöne viel zu schwach.

Aussichtsvoller sind neuere Versuche, die zeigen, daß auch bei getrennten Schallquellen außerhalb des Ohres Kombinationstöne erzeugt werden können; so an empfindlichen Flammen. Auch Telephonplatten und Membranen von der Form des Trommelfells geben unter Umständen den Kombinationston der zwei einwirkenden Töne. Freilich sind auch Kombinationstöne beim Fehlen des Trommelfells beobachtet worden (*Bingham*); man müßte also an eine andere Membran, etwa das runde Fenster, denken. Dieses objektive Entstehen in einer Membran macht begreiflich, daß auch zwei Töne, die zu hoch sind, um gehört zu werden, trotzdem einen wahrnehmbaren Differenzton bilden können.

Außer den peripheren Organen sind aber für die Erklärung der Stärkenunterschiede nach *Stumpf* auch noch zentrale Prozesse heranzuziehen, so für die Schwächung und Verdrängung von Kombinationstönen; wenn z. B. in unmittelbarer Nähe der Quinte D_2 durch D_1 verdrängt wird, während sie doch miteinander schweben; ebenso bei Verstimmung der Oktave, wo D_1 von t verdrängt wird, obwohl beide schweben, also in der Schnecke beide vorhanden sind. Eine andere zentrale Erscheinung ist die außerordentliche Schwäche des $h - t$ jenseits der Oktave, wo der Differenzton zwischen die Primärtöne kommt. Nach sonstigen Beobachtungen scheint es, daß ein schwacher Ton von zwei stärkeren am wenigsten geschädigt wird, wenn er unter beiden liegt, mehr wenn über beiden, am meisten wenn zwischen ihnen. Die Ursache wird wohl eine zentrale sein.

Wenn der Ton n m-mal in der Sekunde ab- und zunimmt, so müssen neben n auch noch die beiden Töne $n + m$ und $n - m$ entstehen. Das sind die Variationstöne. Dreht sich eine schwingende Stimmgabel auf der Zentrifugalmaschine vor dem Ohr, wo bei jeder Drehung die Intensität viermal ab- und zunimmt, so hat man diesen Fall (*Stefan*). — Diese Töne sind physikalischen Ursprungs; denn sie bringen auch Resonatoren zum Ansprechen, wie *Schäfer* und *Abraham* zeigten. Sie verlangen also keine weitere Erklärung.

Diese beiden Variationstöne bilden mit dem ursprünglichen Ton einen Differenzton m, den *R. König* Unterbrechungston nannte, indem er annahm, daß das Ohr direkt die Unterbrechungen als Ton auffasse. Indessen ist die einfachste Annahme, daß der Unterbrechungston ein Differenzton ist.

§ 7. Die Theorie der Gehörempfindungen.

Einstweilen kann man die Resonanztheorie von *Helmholtz* noch die am meisten angenommene nennen, obwohl auch der Widerspruch gegen sie und die Versuche, sie zu ersetzen, neuestens zugenommen haben. Die Hauptsätze der Theorie sind:

1. Jedes Fäserchen der Grundmembran hat seine eigene Schwingung, auf die es am stärksten anspricht; doch schwingt es auch bei benachbarten, etwas verschiedenen Schwingungen mit, wenn auch mit

nach der Ferne rasch abnehmender Stärke. Über die Breite dieser Zone gestattet die Tatsache der Schwebungen eine Vermutung. In der viergestrichenen Oktave z. B. schweben noch Töne mit 400 Schwingungen Differenz, was eine große Breite des Mitschwingens voraussetzt; in der Tiefe natürlich immer weniger.

Waetzmann: Vermutlich schwingt jede Faser nur als Ganzes; sonst müßte es Untertöne geben, die nie beobachtet wurden. Da für tiefere Töne die Ansatzstelle stark seitlich liegt, wird dort nicht der höchste Amplitudenwert für die Nervenreizung wirksam sein, was die geringere Empfindlichkeit der tieferen Töne erklärt.

2. Jedes Fäserchen ist mit einer Nervenfaser verbunden, welche die Reizung nach *Helmholtz* mit einer eigenen, unveränderlichen Tonempfindung beantwortet. Schon *Stumpf* bemerkte, die Tatsache, daß wir einfache Töne hören können, zwinge uns, diese Annahme etwas zu erweitern. Da nämlich jeder Ton nicht bloß eine Faser erregt, sondern viele benachbarte, und wir trotzdem nichts von Nachbartönen hören, müssen wir schließen, daß hier alle Fasern die gleiche Tonhöhe liefern, daß also die empfundene Tonhöhe für eine Nervenfaser nicht so starr und unveränderlich ist, sondern innerhalb eines engen Bereiches veränderlich.

Nach *Ebbinghaus* dürfen wir nicht all den tausend Nerven eine so feine angeborene Abstufung zuschreiben, sondern vermutlich hat jede Nervenzelle zunächst die allgemeine Fähigkeit, mit Tonempfindungen auf die Reize zu antworten, wobei es vom Rhythmus der Reize abhängt, welcher Ton erzeugt wird. Wegen der Verbindung mit der Grundmembran werden aber jeder Zelle in der Regel nur wenige Rhythmen zugeführt, nämlich besonders die der eigenen Faser, die sie deshalb entsprechend schneller und stärker beantwortet. Auch naheliegende Rhythmen wird sie oft zu beantworten haben und sich daran gewöhnen.

3. Leicht erklären sich in dieser Theorie alle Tatsachen der Klanganalyse: die merkwürdige Fähigkeit des Ohres, aus der einen Welle, die das Trommelfell aufnimmt, alle Sinuswellen wieder herauszulösen, welche nach dem *Fourier*schen Satz darin stecken. Es werden eben, wie gesagt, bloß jene Resonatoren und die ihnen benachbarten erregt, deren Teilwellen in der Resultante enthalten sind, und mit jedem ist die betreffende Tonempfindung dann gegeben.

4. Ebenso erklären sich gut die Schwebungen, wie die vorige Darlegung von *Stumpf* zeigte.

5. Auch für die Kombinationstöne scheint der Grundgedanke, daß sie physikalischen Ursprungs wenigstens im Mittelohr sind, haltbar. Damit werden weitere Annahmen, wie die von *Ebbinghaus,* nach der die Fasern der Untertöne mitschwingen sollen, überflüssig.

6. Für die Erklärung der Geräusche nimmt *Helmholtz* an, daß größere Gebiete der Grundmembran erregt werden, wodurch zahlreiche Interferenzen entstehen, die den unruhigen Charakter des Geräusches bewirken. Daneben sind die momentanen Reize, die kürzer sind als eine Schwingung und keinen Toncharakter mehr haben, zu beachten.

Gradenigo (AnPs 21, 398 ff.) macht auf einen Vorläufer von *Helmholtz* aufmerksam, *Cotugno* (im 18. Jahrhundert), der in der Schnecke Nervenfäden (!) von ver-

schiedener Länge findet, die sich durch Resonanz aus der Tonmasse die entsprechenden Töne heraussuchten. In dieser ungenauen Ausdrucksweise ist ein Punkt der Theorie schon vorausgenommen, wenn auch erst die Durchführung und die Erklärung der verwickelten wirklichen Erscheinungen daraus eine Theorie gemacht hat. Eine Reihe anderer Theorien bespricht *Schäfer* und eingehender *Watt*. Besondere Erwähnung verdient die von *Ewald*. Nach ihm wird die Grundmembran durch die Reize in eine Reihe stehender Wellen zerlegt. Jedem Ton entspricht ein eigenes Tonbild, das auch bei Übereinanderlagerung von mehreren Wellen noch zu erkennen ist. Wird die Bildung stehender Wellen verhindert, so tritt Geräuschempfindung ein. Es gelang ihm, die Tonbilder in einer der Membran des Ohres nachgebildeten Membran in Wasser nachzuweisen (was *Lehmann* allerdings bestreitet). Auch zeigte er die Erregbarkeit dieser Membran durch Schall aus der Luft und durch Knochenleitung. Es läßt sich eine Nerveneinrichtung denken, welche aus Lage, Länge und Häufigkeit der Knoten deren akustische Ursachen abfühlen könnte.

Neuestens hat auch für die *Helmholtz*sche Theorie *Stefanini* (AnPs 21, 398) ein Modell aus Wachsleinwand hergestellt, das befriedigender sein soll, als die von *Ewald* und *Lehmann*. Trotz der kreuzenden Längsfasern zeigten sich die gespannten Querfasern fähig, unter dem Einfluß von Stimmgabeln gesondert zu schwingen. Jede Region der Membran entspricht einer bestimmten Höhe.

Watt bildet eine Theorie weiter, die einst *ter Kuile* (1900) vorlegte; nach ihr bewirkt die Bewegung des Steigbügels eine über die Grundmembran weiter wandernde Einbiegung. — Immerhin scheint einstweilen noch keine Theorie vorzuliegen, die den Tatsachen in so weitem Umfang gerecht wird, wie die Resonanztheorie.

Drittes Kapitel.

Die Geruchs- und Geschmacksempfindungen.

Literatur. *Zwaardemaker*, Die Physiologie des Geruchs, 1895. — *W. Sternberg*, Der Geruch und Geschmack, 1906. — *W. Nagel*, Der Geruchssinn, in Nagels Handbuch der Physiologie III, 1905; ebd.: ders., Der Geschmackssinn. — *Zwaardemaker*, Der Geruch, in Ergebnisse der Physiologie I, 1902; ders., Der Geschmack, ebd. II, 1903. — *Hans Henning*, Der Geruch, in ZPs 73 161 ff.; 74 305 ff.; 75 177 ff.; 76 1 ff.; ders., Die Qualitätenreihe des Geschmacks, in ZPs 74 (1916) 203 ff.; ders., Physiologie und Psychologie des Geruchs, in Ergebnisse der Physiologie 18 (1920) 572 ff.; ders., Physiologie und Psychologie des Geschmacks, ebd. 19 (1921) 1 ff. — *F. B. Hofmann*, Zur Theorie des Geruchssinnes, in Zeitschrift für Biologie 73 (1921) 83 ff.

Einleitung: Niedere und höhere Sinne.

Geschmack und Geruch rechnen zu den niederen Sinnen. Der Grund ist nicht die Armut an Qualitäten. Ihre Zahl ist sogar beim Geruch außerordentlich reich. Jeder Mensch kann in die Lage kommen, neue Gerüche kennen zu lernen, die er bis dahin nie empfunden hatte. Die niedere Natur dieser Sinne liegt vor allem in ihrem fast ausschließlich vegetativen Zweck im Gegensatz zu der Leistung der höheren Sinne. Gesicht und Gehör dagegen haben einen Verkehrswert als Substrat der Sprache, der geschriebenen wie gesprochenen; sie haben einen Kulturwert als Substrat der Künste, Malerei, Literatur, Musik usw. — Der Grund des Unterschiedes liegt zum Teil darin, daß nur Gesichts- und Tastsinn Raumwahrnehmungen liefern mit ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit von momentan übersehbaren Figuren. Ebensowenig besitzen Geschmack und Geruch die feine zeitliche Unterschiedsempfindlichkeit, die dem Gehör für ein reiches System von Zeichen eignet, wie es die menschliche Sprache ist.

In der Geruchsleistung gilt das Tier als dem Menschen bei weitem überlegen. Sicher spielen im Bewußtsein des Tieres mit seiner überwiegenden Einstellung auf Nahrungssuche usw. die Geruchswahrnehmungen eine viel größere Rolle. Schon das muß zu einer überlegenen Geruchsschärfe führen. Aber nach *Henning* liegt keine Beobachtung vor, daß ein Tier einen Stoff rieche, den der Mensch bei genügender Konzentration nicht auch riechen könnte. Der Mensch steht nur aus Mangel an Übung hinter dem Tier zurück. Das beweisen die Leistungen der Prober von Wein, Tabak usw. sowie der Chemiker; ebenso die Tatsache, daß Taubblinde bisweilen am Geruch die einzelnen Menschen unterscheiden. Kein Beweis jedoch ist die Unterscheidung des Rassengeruches. Der Zusammenhang des Schweißgeruches mit Klima, Nahrung, Beschäftigung, Alter, Erregung, Krankheit war schon *Hippokrates* bekannt. Meist erscheint der Geruch dem Fremden ungewohnt, unangenehm; die verschiedenen Rassen „können sich nicht riechen" (Genaueres bei *Henning*). Ebensowenig beweist der „Spürsinn der Primitiven" eine besondere Geruchsfähigkeit. Die Indianer sehen vielmehr die Spuren, deuten alles, was ihnen in den Weg kommt, abgebrochene Zweige, umgeworfene Steine usw.

Der wirkliche Zweck des Geruches beim Menschen ist weniger der Schutz gegen die Einatmung schädlicher Gase, als die Prüfung der Nahrung und die Anregung des Appetits. *Hofmann* beschreibt, wie ihn der Ausfall des Geruches gegen übelriechendes Fleisch wehrlos gemacht hätte, wäre er nicht durch seine Umgebung darauf aufmerksam gemacht worden. *Pawlow* zeigte, wie der Geruch die Abscheidung des Speichels und des Magensaftes befördert. Kranke können durch das Aroma der Speisen zum Essen gebracht werden. *Rollett* schildert die Einförmigkeit der Speisen beim Mangel des Geruchs. Daß auch eine gewisse ästhetische Bedeutung dem Geruch nicht abgeht, erweist die Vorliebe der Menschen für Wohlgerüche; sie dienen teils zur Verdeckung des Körpergeruchs, teils als Reizmittel. Selbst beim Genuß landschaftlicher Schönheit darf der Geruchsbestandteil nicht fehlen; z. B. beim Reiz der Frühlingstage oder Sommernächte.

Geruch und Geschmack werden in der Erfahrung viel miteinander vermischt. Wir beginnen deshalb mit einer psychologischen Beschreibung und Scheidung der Empfindungen.

§ 1. Die Empfindungen psychologisch geordnet.

A. Der Geruch. Zunächst sind die uneigentlichen Geruchsempfindungen auszuscheiden, die in Wirklichkeit Empfindungen anderer Sinne sind. Dazu gehören a) die sog. scharfen, stechenden Gerüche, wie die Empfindung von Essigsäure, Ammonia, Chlor, Kampfer, Merkaptan. Sie sind bisweilen angenehm, wie Zwiebel; bisweilen peitschend wie Eisessig. Jucken und Kitzel bewirkt der Schnupftabak durch die festen Staubteilchen, die die Schleimhaut reizen. Auch andere Hautempfindungen treten als Teile des Gesamtgeruches auf. So erscheint Moschus warm, Schwefelkohlenstoff, Knoblauch kalt, was gewöhnlich an die inneren Flächen der Nasenflügel verlegt wird, wo auch Temperaturpunkte sitzen. Zum Drucksinn gehören die Empfindungen von naß oder trocken, leicht oder lastend.

Das Niesen bei stechenden Gerüchen ist ein vom Trigeminus ausgelöster Reflex. Ähnlich wohl die Tränenabsonderung beim Meerrettich, die mit dem eigentlichen Geruch nichts zu tun hat.

b) Die schmeckbaren Gerüche (das gustatorische Riechen) umfassen die vom Geruchsstoff gleichzeitig ausgelösten Geschmacksempfindungen, den „süßen Geruch" von Chloroform, den bitteren von Äther, den

sauern von Eisessig usw. Die Organe sitzen in der Mundhöhle und im Nasenrachenraum, selbst noch im Kehlkopf; besonders an der hinteren Seite des Gaumensegels, wohin sie auch subjektiv verlegt werden. Dieser Geschmacksbestandteil kommt meist später als der Geruch und verschmilzt besonders leicht mit ihm, während sonst Geruch und Geschmack auf der Zunge als Mehrheit erscheinen, besonders wenn man an die Verschiedenheit des Organes denkt und die Verbindung nicht sehr gewohnt ist.

c) Einteilung der eigentlichen Gerüche. Zur Methodik (*Henning*): Es ist nicht gleichgültig, ob der Geruch mit einem oder mit beiden Nasenlöchern aufgenommen wird. Das letztere ist wesentlich günstiger. Auch ist die Qualität dann klarer, reicher an Inhalten. Auf eine Verschiedenheit des subjektiven Verhaltens weist der Unterschied des reinen Gegebenheitsgeruches und des durch Assoziationen gefärbten Gegenstandsgeruches. Der Gegebenheitsgeruch bietet die reine Qualität, wie sie subjektiv erscheint; dagegen pflegt man im gewöhnlichen Leben den Geruch mit dem gesehenen Gegenstand zu verschmelzen und ihn dorthin zu verlegen. Man wird sich der Verschiedenheit lebhaft bewußt, wenn man erst mit geschlossenen Augen einen neuen Gegebenheitsgeruch schätzt, dann den Stoff betrachtet. Dabei scheint einem auch der Geruch stärker zu werden. Bekanntlich befriedigt das Rauchen nicht, wenn man nichts davon sieht; auch das Essen schmeckt bei geschlossenen Augen weniger.

Die beste ältere Teilung der Gerüche geht auf *Linné* zurück und wurde von *Zwaardemaker* vervollkommnet, der neun Klassen unterscheidet, deren vier erste er als Nahrungsgerüche den fünf letzten als Verwesungsgerüchen gegenüberstellt. Da sie in der bisherigen Literatur allgemein zugrundegelegt wurden, seien sie kurz angezeigt:

1) Die ätherischen Gerüche. Die Fruchtäther, wie Apfel, Birne, Wein, Bienenwachs. Die Äther, Aldehyde, Ketone.

2) Die aromatischen (Spezerei-) Gerüche. Kampfer, Terpentin. Die gewürzartigen Gerüche: Nelke, Pfeffer, Muskat. Die Anis-Lavendelgerüche. Die Zitronen-Rosengerüche. Die Mandelgerüche.

3) Die Blumengerüche (balsamische Gerüche). Jasmin, Orangeblüte, Lilie, Veilchen, Reseda, Tee, Vanille.

4) Die Moschusgerüche.

5) Die Lauchgerüche. Schwefelwasserstoff, Merkaptan, faule Eier. Arsenwasserstoff, faule Fische, Chlor, Brom.

6) Die brenzlichen Gerüche. Gebrannter Kaffee, geröstetes Brot, Tabaksrauch, Kreosol.

7) Bockgerüche. Käse, faulende Knochen, ranziges Fett.

8) Widerliche Gerüche. Narkotischer Geruch von Nikotin, besonders beim Erhitzen. Wanzengeruch.

9) Ekelhafte Gerüche. Aas, Leichengeruch, Fäces, Skatol.

Gegenüber *Zwaardemakers* Teilung, die mehr auf literarischen Quellen, als auf psychologischen Versuchen beruht, kommt *Henning* auf Grund eigener Untersuchung zu einem System von sechs Grundempfindungen, von denen jede stetig in jede andere übergeht. Diese Qualitäten (die Wendepunkte des Systems) sind:

1) würzig (gewürzhaft): dazu rechnen unter anderen Muskat, Annis, Pfeffer, Ingwer, Zimmt, Gewürznelke, Kümmel. Der Anfang dieser Reihe neigt zu den Harzen (4), der Schluß zu den Blumendüften (2).

2) blumig: Heliotropin, Kumarin, Jasminöl. Den Übergang von 1 zu 2 bilden Lorbeer, Hopfen, Thymol, Arnika, Lavendel, Vanille.

3) fruchtig: Orangenöl, Zitronenöl, Bergamottöl. Zum blumigen (2) hinüber führt Rosenöl.

4) harzig oder balsamisch: wie der Duft von Räucherwerk. Dazu gehören Terpentin, Kampfer. — Diese vier Klassen geben ein in sich zurücklaufendes Viereck. Nach dem würzigen (1) zurück gehen die Gewürzharze, Terpentinöl, Fichtennadelöl, Zedernholzöl usw.

5) faulig: kennzeichnend sind Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff. Ein Übergang nach dem fruchtigen ist die Durianfrucht; nach dem blumigen die Aaspflanzen; nach dem würzigen Lauch, Zwiebel, Meerrettig, fauler Käse; nach dem harzigen faul gewordener Leim.

6) brenzlich: Teergeruch; die Übergänge zu den andern Klassen erhält man, wenn man sich diese Stoffe verbrannt denkt. So führt gebrannter Kaffee nach würzig, brennendes Harz nach harzig.

Alle diese Empfindungen lassen sich nach *Henning* passend nur auf der Oberfläche eines sechseckigen Prismas anordnen (Fig. 21), dessen Ecken die Umkehrpunkte der Ähnlichkeitsrichtungen ausmachen. Die übers Kreuz liegenden Gerüche sind aber keine Gegensätze wie die Gegenfarben. In jeder Kante ist jedes Glied durch seine Ähnlichkeiten mit den Endgliedern bestimmt. Diese Ähnlichkeit schließt aber nach *Henning* die Einfachheit des mittleren Geruchs nicht aus (wie auch bei den Farben nicht). Dagegen entsteht bei physischer Mischung zweier Gerüche nicht der einfache Geruch, der in ihrer Mitte liegt, sondern im Gegensatz zu den Farben ein Mehrheitseindruck. (Wir kommen hierauf zurück.)

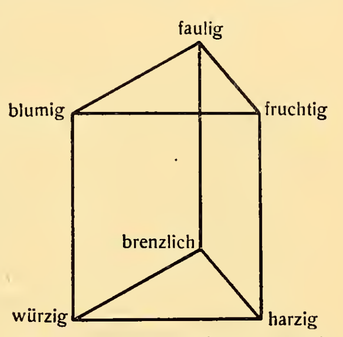


Fig. 21. Geruchsprisma (nach *Henning*).

Bei den Gerüchen ist auch der Gefühlston zu erwähnen, da nach ihm oft früher die Gerüche genannt wurden. Ihrem sinnlichen Zweck entsprechend erregen sie häufig starke Gefühle, Lust oder Unlust. Manche wirken auch betäubend oder erregen Ekel, lösen den Reflex des Würgens oder Erbrechens aus, wie Schwefelwasserstoff. Selbst bei neuen Gerüchen pflegt der Gefühlston stark zu sein. Durch Gewöhnung oder Interressenrichtung kann sich das ändern, wie beim Chemiestudium, oder der wechselnden Modevorliebe für Wohlgerüche. Allgemein sind im Geruchsschema die ersten vier Klassen eher angenehm, die zwei letzten unangenehm.

B. Die Geschmacksempfindungen wurden erst spät genauer bestimmt. *Linné* zählte 10 Geschmäcke auf: feucht, trocken, sauer, bitter, fett, zusammenziehend, süß, scharf, schleimig, salzig. Es ist klar, daß hier noch eine Reihe Hautempfindungen einbezogen sind. Erst *Fick* gibt die heutige Vierzahl der reinen Geschmacksqualitäten: süß, salzig, sauer, bitter.

Die Übergänge zwischen den Geschmäcken denkt man sich gewöhnlich nach Art der Tonverbindungen d. h. aus der Mischung ist mit Übung jeder Bestandteil herauszuheben, wenn er auch vorher mit den andern eine mehr oder weniger innige Verbindung bieten mag. Jeder Bestandteil ist intensiv veränderlich, aber quali-

tativ überall gleich. So stellte *Oehrwall* einen quantitativen Ausgleich zwischen verschiedenen bitteren Stoffen auf; *Corin* fand für zwölf verschiedene Säuren, daß sie bei geeigneter Verdünnung völlig gleichen sauren Geschmack besaßen. Nach *Henning* indessen gilt diese Behauptung nur, wo verschiedene Stoffe gemischt werden, während eine chemische Verbindung einen einfachen Geschmack zeige, der höchstens (wie eine Übergangsfarbe) gleichzeitig zu mehreren anderen Ähnlichkeit besitzt, aber nie beide herauszusondern erlaubt. So lasse sich das bittersalzige Chlormagnesium nicht mit einer Mischung von Kochsalz und bitterer Aloëlösung gleich machen. *E. v. Skramlik* (ZPs II 53 [1921] 36 ff.) stellt auf Grund zahlreicher Versuche die ältere Darstellung wieder her. Er ließ von vielen Beobachtern für sechs typische Salze, die alle möglichen Verbindungen mit anderen Qualitäten enthielten, Geschmacksgleichungen mit einem Gemisch der vier Normallösungen (der einzelnen Geschmacksqualitäten) herstellen. Für einen bestimmten Zeitteil gelang das immer. Die Mischungsgleichung ist für denselben Beobachter konstant, dagegen für verschiedene Beobachter oft erheblich verschieden, worin ein Gegensatz zu anderen Sinnen besteht. So gelang die Geschmacksgleichung des Magnesiumchlorids für alle Beobachter vollkommen. Aber neben dem Bitter schmecken die einen salzig, die andern süß. Es kann vorkommen, daß eine vollkommene Gleichung nicht beliebig lange bestehen bleibt. Aber auch dann läßt sich für die Änderung eine neue Gleichung aufstellen. Die Geschmacksmischung ist danach den Tonverbindungen gleichzusetzen, nicht im Sinne bloßer Ähnlichkeiten einer einfachen Übergangsfarbe aufzufassen.

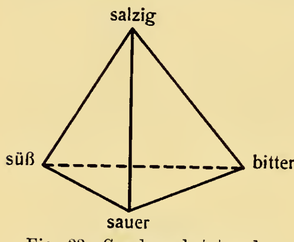


Fig. 22. Geschmackstetraeder (nach *Henning*).

Das beste körperliche Schema ist nach *Henning* die Oberfläche des Tetraeders. Da kann man von jeder Ecke zu jeder andern übergehen, ohne auf dem Wege andere Ähnlichkeiten, als diese beiden, zu berühren. Die Verbindung von süß und salzig wurde gelegentlich als fade definiert. Das ist nicht zutreffend. Fade ist der Geschmack, in dem ein gewohnter Bestandteil fehlt, oder es ist gleich abgestanden, wie eine Limonade, ausder Duft und Kohlensäure entwichen ist, die nicht mehr erfrischend, sondern schal schmeckt. Süßsalziger Geschmack dagegen kann erfrischend sein.

Früher wurden wohl noch andere Grundempfindungen genannt, die sich aber zurückführen ließen. So ist metallisch nach *v. Frey* ein Geruch, zu dem nach *Cohn* noch sauer und süß kommt; vielleicht auch noch die Tastempfindung des zusammenziehenden. Laugig (alkalisch) ist nach *Henning* ein einfacher Geschmack in der Mitte von bitter und süß. Damit verbindet sich nach *v. Frey* der Geruch von methylisiertem Ammoniak. Natronlauge, in ein Uhrglas gebracht, riecht nicht; wohl aber, wenn man etwas Speichel damit verreibt (*R. Pauli*); endlich kommt noch etwas brennendes, schlüpfriges hinzu, indem die Schleimhaut zum Quellen gebracht wird.

Verbindungen des Geschmacks mit andern Sinnesempfindungen. Häufig sind die Mischungen mit den Hautempfindungen, welche sich in Worten ausdrücken wie: hart, weich, brennend, kühl, zusammenziehend, stechend. Nach *Titchener* bewirkt sauer, wenn schwach, eine zusammenziehende Empfindung, die bei größerer Stärke in brennend und schmerzlich übergehen kann. Bei Kokainbehandlung kann man den rein sauern Geschmack herstellen. Salzig, das zu schwach ist, um als solches erkannt zu werden, erscheint als leichtes Brennen. Süß erscheint als glatt, weich; wenn stärker, als prickelnd, brennend. Bitter erscheint fettig; wenn stärker, brennend. Eine alltägliche Erfahrung ist: wer ein künstliches Gebiß hat,

findet „den Geschmack verändert", obwohl in Wirklichkeit nur Wärme und Tastempfindungen verändert sind.

Häufig vereinigen sich mit dem Geschmack Organempfindungen. Das deuten die Bezeichnungen erfrischend oder ekelhaft an. Letzteres weist auf Würgebewegungen, wie sie durch mechanische Reizungen des Zungengrundes hervorgerufen werden.

Die bekannteste Verschmelzung indessen ist die mit den Gerüchen. Sie macht dasjenige aus, was man im gewöhnlichen Leben die feineren Abstufungen des Geschmackes nennt. Die „Blume des Weines" wird nicht geschmeckt, sondern gerochen. Man überzeugt sich leicht davon, wenn man auf künstliche Weise die Gerüche ausschließt, etwa während des Schmeckens die Nase zuhält (*Cloquet*). Dadurch wird der widrige Geschmack von Rizinusöl völlig ausgelöscht; man kann nicht mehr unterscheiden, ob man Apfel- oder Zwiebelstückchen kaut.

Die Geschmacksreflexe wurden von *Pawlow* untersucht, insbesondere die Speichelabsonderung. Er fand: trockene Nahrung bewirkt sehr flüssigen, feuchte Nahrung dagegen zähflüssigen Speichel. Auch die Erregung des Magensaftes hängt vom Geschmack ab. Durch Assoziation kann auch eine fremde, mit dem Geschmack öfter zugleich zusammen gewesene Empfindung die Fähigkeit erlangen, später auch allein den Speichelreflex auszulösen (der „bedingte Reflex"). Schon beim Anblick der Speise „läuft einem das Wasser im Munde zusammen".

§ 2. Die Reize des Geruchs- und Geschmackssinnes.

1. Für eine Erregung des Geruches ist immer die Anwesenheit kleinster Teilchen des riechenden Stoffes notwendig. Manche glaubten früher, der Geruch werde durch eine Wellenbewegung fortgepflanzt, da z. B. stark riechende Substanzen, wie Moschus, jahrelang keine Gewichtsabnahme zeigen. Indessen ist jetzt bekannt, daß stark riechende Substanzen Teilchen aussenden, z. B. Kampfer, der in die Barometerleere gebracht, sofort das Quecksilber herunterdrückt. Auch verbreiten sich die Geruchstoffe lange nicht gleichmäßig überallhin, sondern sie haften am Boden und werden vom Winde weitergetragen. Entscheidend ist, daß jeder feste Verschluß aus beliebigem Stoff den Geruch absperrt.

Als notwendige Bedingung für die Reizung des Geruchsinnes wird gewöhnlich der Gaszustand des Reizes betrachtet. *E. H. Weber* machte das Experiment, die ganze Nase, bei hinten übergeneigtem Kopf, mit kölnischem Wasser zu füllen, und fand dabei keine Geruchsempfindung. *Aronsohn* machte dagegen geltend, durch das kalte Wasser werde die Schleimhaut stark angegriffen und verliere so den Geruch. Er nahm deshalb körperwarme, indifferente Kochsalzlösung und fand, daß dabei der Geruch noch vorhanden sei. Man kann freilich vermuten, daß nicht die ganze Nase so mit Flüssigkeit gefüllt werde, sondern Luftblasen bleiben. *Henning* fand in eigenen Nachprüfungen nur Empfindungen des Feuchten, Stich, Schmerz, Temperatur, die einem Ungeübten wohl den Eindruck von Geruch machen können; aber nie wurde eine Geruchsqualität genau beschrieben.

Für die Art der Gerüche spielt sicher die chemische Konstitution die größte Rolle. Nach den meisten sind die Elemente geruchlos. Die scheinbaren Ausnahmen (Chlor usw.) beruhen wohl auf Verbindung mit dem Wasserstoff der Luft. Fast alle riechenden Substanzen leiten sich von drei-, zwei-, einwertigen Elementen der fünften, sechsten, siebten Gruppe ab (von Stickstoff, Phosphor usw.; Sauerstoff, Schwefel usw.; Chlor usw.). *Henning:* Die Gerüche der anorganischen Riechstoffe, Halogene, Ammoniak, Schwefelverbindungen, Säuren treten gegenüber

der gleichzeitigen Stichempfindung und dem Geschmack zurück. In den Riechstoffen ist die Wirkung an gewisse Atomgruppen geknüpft und an die Art ihrer Bindung mit dem Kern. Den sechs Klassen lassen sich verschiedene Arten dieser Bindungen zuordnen; z. B. herrscht bei den würzigen Gerüchen Gegenstellung der Gruppen, bei den blumigen Seitenstellung usw.

Das hohe spezifische Gewicht der riechenden Stoffe ist sehr zweckmäßig. Damit das Tier seine Beute finde, muß deren Geruch lange genug am Boden haften bleiben, die Diffusion darf nicht zu schnell vor sich gehen.

2. Die Stoffe, welche auf den Geschmacksinn wirken, müssen wenigstens spurweise lösbar sein. Auch Dämpfe und Gase können geschmeckt werden. So ist Kohlensäure hauptsächlich säuerlich, daneben gehen schwache prickelnde Empfindungen; Chloroform ist intensiv süß.

Nach den Forschungen von *Haycraft, Sternberg* usw. besteht ein Zusammenhang des Geschmacks mit der chemischen Natur der Stoffe. Es müssen verhältnismäßig einfache chemische Körper sein. Zu den sauren Stoffen gehören die anorganischen und organischen Säuren. Nach *Richards* sind die Reize darin die *H*-Ionen. Viele fanden, daß die Intensität des Geschmacks dem Grad der Dissoziation der Säure entspricht; doch ist der Parallelismus nicht genau. Nach *Henning* kommt es auf beide Ionen zugleich an, und zwar entscheidet der Lösungsdruck. Zu den salzigen Stoffen gehören viele Cholóride, Nitrate, Sulfate. Nach *Höber* und *Kiesow* entspricht der saure Geschmack dem Gehalt an Anionen und ist von der Natur des Salzes unabhängig. Der Schwellenwert entspricht einer Konzentration von 0,020—0,030 *gr.* Ion per Liter, bei den Ammoniaksalzen etwas weniger. Zu den bitteren Stoffen gehören viele Alkaloide, zu den süßen Stoffen die Zuckerarten, Glyzerin, Laugen, Bleisalze usw.

Inadäquate Geschmacksreize. Mechanische und thermische Reize scheinen auf die Geschmacksnerven in der Zunge gar nicht zu wirken, wohl aber in der chorda. Viel umstritten war die Wirkung der elektrischen Reize. Schon die Angaben über die Geschmacksqualitäten sind hier recht unbestimmt; nur sauer wird konstanter genannt. Die Ursache betreffend wird heute angenommen, es handle sich um eine elektrolytische Zersetzung des Speichels, dessen Ionen infolge des Stromes an die Elektroden wandern und dort den laugenhaften oder sauren Geschmack bewirken. Dafür sprechen besonders die Versuche von *Zeynek,* wonach der elektrische Geschmack sich mit zunehmender Stromspannung genau in der Weise ändert, wie es die Theorie voraussagen läßt.

§ 3. Das Sinnesorgan.

Wenig ist über das Geruchsorgan bekannt. Es ist die braungelb gefärbte regio olfactoria, ein kleiner Teil der Nasenschleimhaut, der gegen das Dach der Nasenhöhle hin in möglichst großer Entfernung vom Nasenloch liegt. Die Fläche liegt sowohl an der mittleren als seitlichen Wand der Riechspalte, und macht rechts und links zusammengerechnet etwa 5 *qcm* aus (Fig. 23). Sie ist in der oberen Muschel gelagert, die mit der mittleren Muschel nur durch eine enge Riechspalte verbunden ist, so daß sie gegen unmittelbare Einwirkungen des Luftstromes, gegen Staub und Temperaturänderungen möglichst geschützt ist. In der Schleimhaut endigen die Riechnerven (der Olfactorius).

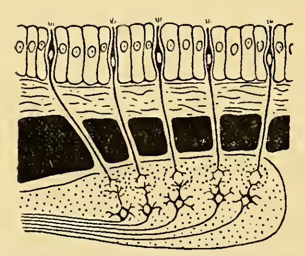
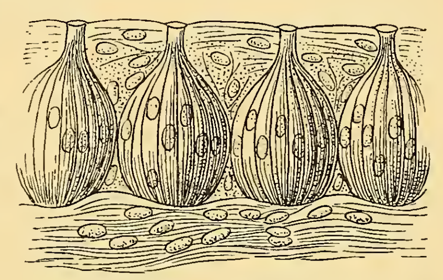


Fig. 23. Schematische Darstellung der Riechzellen (nach *Dekker*)

Die Einwirkung der Reize auf das Organ nimmt folgenden Weg. Aus dem Einatmungsluftstrom kommen

gewöhnlich nur durch Diffusion Riechteilchen nach oben zur Riechschleimhaut. Die Diffusion geht nach der Substanz verschieden schnell, bei Essigäther z. B. 10 *cm*, bei Kampfer 2 *cm* in der Sekunde. Trotz dieser kleinen Geschwindigkeiten wird die kurze Strecke zur Riechschleimhaut doch schnell zurückgelegt, so daß man fast momentan mit dem Eindringen der Luft in die Nase zu riechen glaubt. Man kann übrigens das Riechen beschleunigen, wenn man stoßweise die Luft einzieht, wodurch sich in der Nase Luftwirbel bilden, welche in einem Luftstrom die Riechpartikelchen nach oben führen: das Schnüffeln. Der Geruch der Speisen geht einen andern Weg. Während des Schluckens ist der Weg vom Mund zur Nasenhöhle versperrt; aber gleich nachher liegt er offen, und der Nahrungsduft wird besonders beim Ausatmen durch die Nase geführt und dann gerochen.

2. Die geschmacksempfindliche Fläche ist beim Erwachsenen die Zunge, und zwar genauer deren Spitze, Ränder und hintere Partie des Rückens; ferner der weiche Gaumen; außerhalb des Mundes die Rückseite des Gaumensegels und Teile im Schlund. Letztere Organe scheinen besonders für die schmeckbaren Gase und Dämpfe da zu sein. Die Mitte der Zunge und die Wände der Wangen sind bis zu 10—12 Jahren geschmacksempfindlich, später nicht mehr.


Fig. 24. Vier Geschmacksknospen in der Schleimhaut einer Geschmackspapille (nach *Dekker*).

Genauer sind es auf diesen Teilen die Geschmacksknospen (Fig. 24), an die der Geschmack gebunden ist; sie finden sich in großer Zahl in den verschiedenen Papillen vereinigt. Die Reizstoffe gelangen von der Oberfläche der Zunge durch einen engen Kanal an die eigentlichen Schmeckzellen. Es ist wesentlich, daß die Speise die Zunge berührt. Durch Andrücken der Zunge und deren Bewegung wird der Geschmack verstärkt, vermutlich weil so die Stoffe in die Vertiefungen hineingeführt und festgehalten werden. Die Stärke des Geschmackseindruckes hängt auch von der Größe der berührten Schleimhaut ab. Mithin verstärken sich hier die Eindrücke in den benachbarten Bahnen (*v. Frey*).

3. Nur beim Geschmacksorgan war es möglich, örtlich begrenzte Reizungen anzuwenden und so örtliche Verschiedenheiten für die Geschmacksqualitäten nachzuweisen. Süß wird am stärksten an der Spitze der Zunge empfunden, sauer an den seitlichen Rändern, bitter hinten auf der Zunge. Derselbe Stoff kann also je nach der Stelle der Zunge unter Umständen verschiedenen Geschmack zeigen. Auch die Geschmacksintensität ist nicht gleichmäßig verteilt. Nach *Hänig* findet sich zentral eine geschmacksunfähige Zone, welche allseitig von einem gleichbreiten Geschmacksgürtel umgeben ist. Die Empfindungsfähigkeit dieses Gürtels nimmt nach außen hin beständig zu; die Zonen gleicher Geschmacksempfindlichkeit, die Isochymen, sind dem Rand parallele Linien.

Öhrwall fing 1891 an, die einzelnen Geschmacksendorgane durch punktförmige Reize auf ihr Leistungsvermögen zu prüfen. So fand sich, daß zwischen den Papillen auf der Zunge überhaupt keine Geschmacksempfindung zu erhalten war, in den einzelnen Papillen selbst nicht alle Qualitäten regelmäßig vorkamen. Er untersuchte 125 Papillen mit Zuckerlösung, Kochsalzlösung, Weinsäure und Chinin. Alle zeigten sich empfind-

lich für Berührung, Wärme und Kälte, dagegen nur 98 für Geschmack, einige bloß für eine Qualität, andere für mehrere zugleich in verschiedenen Verbindungen. Da jede pilzförmige Papille viele Schmeckzellen enthält, ist die Wahrscheinlichkeit, daß irgendwo nur eine Geschmacksqualität vertreten sei, klein. Ähnliche Resultate fanden *Goldscheider, Kiesow* u. a. Man kann sich das so erklären, daß die vier Faserarten spezifisch verschieden sind und sich unregelmäßig auf die Papillen verteilen. Es könnte freilich auch sein wie bei verschiedenen Sehsubstanzen im gleichen Endelement, die aber teilweise fehlen können.

§ 4. Quantitative Geruchs- und Geschmacksmessung.

1. Die quantitative Geruchsmessung kann sich zwei Aufgaben stellen: a) die Schärfe des Riechvermögens zu bestimmen, die Olfaktometrie (bzw. beim Geschmack Gustometrie); b) mit Hilfe des Geruches (Geschmackes) den Gehalt an einer bestimmten Substanz zu bestimmen, die Odorimetrie (Saporimetrie). Nur das erstere ist eine psychophysische Aufgabe, das zweite ist eine chemische Messung, die den Geruch nur als Mittel verwendet.

Zum Zweck der Geruchsmessung ging *Valentin* so voran: er ließ in einen großen Ballon von bekanntem Volumen so viel Flüssigkeit tropfen, bis die Luft eben danach roch. Umständlich ist bei dieser genauen Methode dann das Reinigen des Glasgefäßes zwischen den Messungen. *Zwaardemaker* hat diese Methode verbessert mit seinem Riechkasten: ein Glaskasten, dessen Wände abnehmbar sind, so daß sie jedesmal von dem anhaftenden Dufte gereinigt werden können. Darin wird wieder eine gewogene Menge der wässerigen Lösung der Substanz verdampft und dann untersucht, ob der Geruch wahrnehmbar ist. So geht man bis auf die Schwelle hinab (*Zwaardemaker,* Geruch und Geschmack, in *Tigerstedts* Methodik der Physiologie S. 55). *Passy* stellte Einheitsriechlösungen her, jede in $^1/_{10}$ Verdünnung der vorhergehenden; füllt dann in den Riechbehälter erst einen Tropfen der ersten Flüssigkeit; wenn diese noch gerochen wird, dann einen Tropfen der zweiten usw., bis die Schwelle erreicht ist.

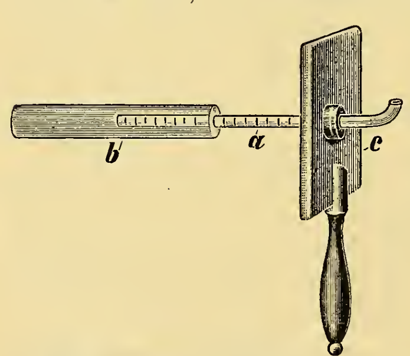


Fig. 25. Olfaktometer von *Zwaardemaker*.

Besonders brauchbar für schnelle Veränderungen der Riechstärke ist *Zwaardemakers* Olfaktometer (Fig. 25). Aus der zu prüfenden festen Substanz wird ein Zylinder (*b*) verwendet, der gerade über eine Glasröhre (*a*) paßt und verschieden weit herausgezogen werden kann. Das andere Ende der Glasröhre wird in das Nasenloch eingeführt und durch Einatmung der Luftstrom durch Zylinder und Glasröhre angesaugt. Wenn der Zylinder weiter über die Glasröhre hervorragt, wird die durch die Glasröhre hindurchstreichende Luft mehr mit der Substanz gemischt, der Geruch intensiver gemacht. Man bestimmt nun diejenige Länge des Zylinders, bei der der Geruch eben wahrnehmbar ist. Die Länge des Zylinders, die normal der Schwelle entspricht, heißt eine Olfaktie. Der Schirm (*c*) am Instrument sorgt dafür, daß nicht direkt von der Geruchsquelle her Luft in die Nase dringen kann, sondern bloß durch das Rohr.

Sei die Olfaktie bei einem Zylinder von vulkanisiertem Kautschuk im Mittel = 1 *cm*, was ungefähr richtig sein wird, so wird die Riechschärfe eines bestimmten Menschen = $^1/_2$ sein, wenn er zwei Olfaktien (hier = 2 *cm*) nötig hätte, um eben den Geruch wahrzunehmen. Allgemein: Ist L die Länge einer Olfaktie, L_1 die Riechschwelle für den Betreffenden, so ist dessen Riechschärfe:

$$O_1 = \frac{L}{L_1}.$$

Für pathologisch schwache Riechschärfen muß man ein anderes Olfaktometer von sehr starkem Riechstoff bereithalten, z. B. ein solches von Ammoniacum-Guttapercha, bei dem 1 *cm* etwa = 30 Olfaktien ist. Die Methode erlaubt, die Reize schnell in beliebiger Weise abzustufen und von zu schwachen Reizen beginnend, die Schwelle zu bestimmen.

Für Flüssigkeiten prüft man mit einem porösen Zylinder, der stundenlang in der betreffenden Flüssigkeit gelegen hat und, außen durch ein weiteres Rohr abgeschlossen, über die innere Glasröhre geschoben wird. — Die handliche Olfaktometermethode ist an Genauigkeit den früher angegebenen, z. B. dem Riechkasten, nicht gleichwertig. Auch waren die damit gefundenen Schwellenwerte regelmäßig zu hoch. Eine Fehlerquelle ist nach *Henning* die unberechenbare Stärke der Einatmung. Auch wächst der mittlere Abstand der Riechquelle von der Nase an, wenn das Rohr herausgezogen wird. Das ist nicht gleichgültig, da nach dem *Stefan*schen Gesetz die Verdampfungsgeschwindigkeit dem Abstand der Riechoberfläche vom offenen Ende umgekehrt proportional ist. Vergleichbare Größen hätte man höchstens, wenn man den ganzen Inhalt des Olfaktometers rasch einatmet. *Zwaardemaker* trägt diesen Schwierigkeiten Rechnung durch ein später ausgeführtes Präzisionsolfaktometer (vgl. Geruch und Geschmack). Aber auch bei ihm hat man nach *Henning* statt genau abgewogener Mengen nur relative Werte, die von der Länge des Olfaktometers und der Geschwindigkeit des Luftstromes abhängen. *Henning* selbst empfiehlt, eine Reihe Woulffescher Flaschen zu verwenden, an denen man der Reihe nach riechen kann und wovon die folgende immer halbe Verdünnung der vorhergehenden besitzt; oder auch die bekannten volumetrischen Methoden der Chemie.

Ergebnisse: Mit der volumetrischen Methode ist die Schwelle kleiner als beim Schnüffeln, bei diesem kleiner als beim gewöhnlichen Riechen. Man muß die Empfindungsschwelle unterscheiden, bei der man weiß, daß man etwas riecht, aber noch nicht die uneigentlichen Gerüche trennt, und die Wahrnehmungsschwelle, die höher liegt. Ein Geschlechtsunterschied zeigte sich nicht, sondern nur ein Einfluß der Übung. Frauen erkannten besser Gewürz-, Küchen- und Blumengerüche, Männer besser Arzneigerüche. Bei Kindern war für die ihnen bekannten Gerüche keine Minderleistung zu merken (*Henning*).

Passy unterscheidet starke und schwache Gerüche; starke haben viele bemerkbare Zwischenstufen zwischen der Reizschwelle und Reizhöhe; schwache dagegen haben bald ihre Reizhöhe erreicht. Zu den starken gehören Kampfer, Zitronengeruch, zu den schwachen Veilchen, Tee, Vanille. *Henning* bemerkt, daß das übrigens stark von den Bedingungen abhängt; so kann das schwache Vanillin durch Sieden ein wesentlich höheres Maximum erreichen.

Die Reizschwellen werden danach angegeben, wie viel Milliontel Gramm in einem Liter bei der Schwelle enthalten sind. Nach *Henning* ist zu beachten, daß der schwache Atemzug von dieser Menge nur ein Tausendstel erfaßt, und von diesem wieder nur ein kleiner Teil die Riechschleimhaut erreicht. Man sollte also nach ihm lesen: daß ebenso viel hundertmilliontel Milligramm für die Schwelle nötig

sind. (Natürlich widersprechen sich beide Angaben nicht; die erste gibt ja relative Werte; die zweite gibt vermutungsweise die absolute wirksame Menge.)

Einige Werte: Methylalkohol 600—1000 (milliontel Gramm in 1 Liter Luft, wie immer); Brom 0,2, nach andern 3; Buttersäure 0,001 (*Passy*); Chloroform 0,3 (*Passy*); α-Ionon 0,0001 (*Zwaardemaker;* nach *Henning* die Hälfte davon); Merkaptan 0,000 04.

Die Unterschiedsschwelle wird so gemessen, daß das eine Olfaktometer konstant gehalten, das andere herausgezogen wird bis zur Erreichung eines merklichen Unterschieds. *Gamble* fand dann den relativen Unterschied ziemlich konstant, gleich 1/3, also im Einklang mit dem *Weber*schen Gesetz. Ebenso *Hermanides.*

Zur Odorimetrie. Man kann auf diesem Wege bisweilen genau Substanzmengen feststellen, die auf keine andere Weise gefunden werden könnten; nach *Henning* 100 000mal kleinere als durch Spektralanalyse, z. B. geringe Mengen Buttersäure in einer Flüssigkeit. Man vergleicht nämlich die Duftstärke mit derjenigen einer Kontrollösung, die man sich durch wachsende Verdünnung von Buttersäure herstellt, bis beide denselben Geruch ergeben. — Ebenso läßt sich die Riechkraft verschiedener Substanzen bestimmen. Während die Ameisensäure nur in konzentrierter Lösung gerochen wird, kann die Valeriansäure bis auf Tausendstel und mehr ihrer normalen Lösung verdünnt werden.

2. Beim Geschmack sind die Bestimmungen von vielen Bedingungen abhängig: von der Größe der gereizten Schleimhautfläche, da auf einer größeren Fläche die Empfindung intensiver wird; von der Dauer des Reizes; von der Menge der Flüssigkeit; der Temperatur beider; dem Erregbarkeitszustand des Organs; von der verschiedenen Konzentration; konzentrierte Lösungen geben geringere Schwellenwerte.

Die Prüfung geschieht entweder für einzelne Stellen oder für das Gesamtorgan, wobei etwa eine Menge der Probeflüssigkeit (10 *ccm*) auf die Zunge genommen und wieder ausgespuckt wird. Nach *Toulouse* und *Vasschide* werden Probelösungen von wachsender Konzentration durchprobiert, bis man die Schwelle erreicht hat. *Sternberg* empfiehlt die Einatmung gasförmiger Schmeckstoffe: des Chloroforms für süß, des Äthers für bitter. Nach dem Prinzip des Olfaktometers hat er ein Gustometer so gestaltet, daß es erlaubt, genau gemessene Dampfmengen zur Prüfung zu bringen. Die bis jetzt erlangten Resultate sind noch wenige.

So werden als Schwellenwerte angegeben: Zucker 3—60, Kochsalz 1—36, Schwefelsäure 0,4, Chinin 0,04 *mg*. Auch beim Geschmack liegt die generelle und die spezifische Schwelle auseinander, wenn auch nicht sehr weit. Ebenso wurde hier das *Weber*sche Gesetz annähernd bestätigt gefunden.

Mit steigender Intensität des Geschmackes ändern sich auch die Geschmacksqualitäten, vermutlich wegen hinzutretender Empfindungen anderer Sinne.

§ 5. Adaptation und Mischung der Geruchsempfindungen; Theorie des Geruchssinnes.

1. Adaptation. Ermüdung beim Geruch kann durch Abstumpfung der Aufmerksamkeit vorgetäuscht sein, indem auf den gewohnten Geruch, besonders wenn er schwach ist, nicht mehr geachtet wird. Das scheint vorzuliegen, wenn Arbeiter in Apotheken, Käsegeschäften usw. nichts mehr riechen; der Geruch ist aber sofort wieder da, wenn man auf ihn achtet. Die Versuche über wirkliche Ermüdung gehen noch stark auseinander.

Aronsohn fand bei neun Beobachtern, daß ein starker Geruchsreiz nach 2—11′ ausfiel; das übertrug sich auf ähnliche Gerüche. Dagegen fanden *Toulouse* und *Vasschide* mit Kampfer keine Ermüdung. *Zwaardemaker* findet schon nach wenigen Minuten die Geruchsschwelle gestiegen. Er gewann „Ermüdungskurven“, welche das Steigen der Geruchsschwelle in Abhängigkeit von der Riechzeit darstellen. Auch er findet, daß die Ermüdung auf benachbarte Gerüche überstrahlt, auf entferntere nicht. Nach Ermüdung durch Jodtinktur war der Geruch für Alkohol abgestumpft, für Äther nicht. Nach *Nagel* werden starke Gerüche nie unmerklich, schwächere wohl, aber bei tieferem Atemzug werden sie sofort wieder bemerkt; ähnlich *Passy*. *Henning* konnte bei 40—70′ Reizeinwirkung nie Geruchslosigkeit erzielen, sondern höchstens eine Erhöhung der Schwelle; dagegen allerdings Vergiftungserscheinungen. Daß Raucher eine abgeschwächte Riechschärfe besäßen, konnten *Fröhlich, van der Hoeven* und *Henning* nicht bestätigen. Für gewöhnlich scheint die Ausatmung für die Erholung der Geruchsschleimhaut zu genügen. — Als Mittel von allem kann man wohl sagen, daß starke Gerüche nicht durch Ermüdung ausfallen, dagegen die Schwelle sich in einem noch unbekannten Grad erhöht.

Die Nachdauer eines Geruches kann experimentell nicht festgestellt werden, weil man nie ausschließen kann, daß nicht etwas vom Riechstoff haften geblieben ist an Kleidern, Haut oder wenigstens im Organ selbst.

Henning erlebte bei Spannung der Aufmerksamkeit darauf in einem Drittel der Versuche starke sinnliche Nachwirkung, während es sich in den andern um Geruchserinnerung handelte. Stark sind die Giftwirkungen der Gerüche. Eine Versuchsperson, die während zwei Stunden im ganzen 150 Gerüche mittlerer Stärke eingeatmet, hatte in der Folge Fieber. Schwindel und Appetitlosigkeit; die allgemeine körperliche Schwäche legte sich erst nach 6 Tagen, die Abneigung gegen die Gerüche nach 12 Tagen.

Kontrast oder Umstimmung wird bisweilen aus der veränderten intensiven Erregbarkeit begründet, der Erhöhung durch Strychnin, der Erniedrigung durch manche Krankheiten. Indessen wäre das nur eine allgemeine Umstimmung, nicht die auswählende, die sonst im Kontrast liegt.

2. Gleichzeitige Wirkung von Gerüchen. Mehrere gleichzeitig dargebotene Gerüche mischen sich entweder zu einem dritten oder ergeben eine Kompensation.

Die Kompensation ist bisweilen rein physisch, indem die beiden Riechstoffe sich gegenseitig zerstören. In andern Fällen wird ein Geruch durch einen andern, stärkeren verdrängt, die Aufmerksamkeit von ihm abgezogen. Das ist die Bedeutung der Parfüms. So vertreibt man Moschus durch Mandelgeruch, Mentha vertreibt den Geruch des Tabakrauches. Rizinusöl und Lebertran werden durch stark riechende Zusätze erträglich gemacht.

Daneben behauptete *Zwaardemaker* auch das Bestehen einer eigentlichen physiologischen Kompensation. Leitet man durch ein doppeltes Olfaktometer gleichzeitig in das eine Nasenloch Kautschuk-, in das andere Wachs- oder Paraffingeruch, so entstehe bei richtiger Wahl der Reizstärken voller Ausfall oder bleibe ein schwacher, unbestimmter Rest. — *Thunberg* konnte das nie finden; ebensowenig *Henning*. Vermutlich war in den früheren Versuchen nach stärkerem Einatmen bisweilen nicht gleich genügend Stoff vorhanden. Auch spricht *Zwaardemaker* selbst neuestens von der Möglichkeit der Erklärung durch psychische Hemmung, was etwas anderes wäre.

Der Gegensatz zur einfachen Geruchsempfindung ist die Mischung. Pflanzendüfte bestehen oft aus vielen riechenden Stoffen von sehr konstanter Zusammen-

setzung; dagegen sind die künstlichen Wohlgerüche meist sehr veränderlich, indem ihre Bestandteile verschieden flüchtig sind. Für die Verschmelzung beim Mischgeruch stellt *Henning* eine Reihe abnehmender Einheitlichkeit auf. Das höchste ist der einfache Kombinationsgeruch, in dem objektive Bestandteile nicht zu sondern sind; er kann auch durch Übung sich allmählich aus anfänglichem Mehrheitsgeruch entwickeln. Trotzdem ist das noch nicht die Einfachheit eines einfachen Übergangsgeruches. So riecht Toluol anders als eine Mischung seiner Nachbarn in der Qualitätenreihe, Benzol und Xylol. Die wahre Mischung macht eher den Eindruck einer Tonverbindung, nicht einer Übergangsfarbe. (Man wird hier fragen können, ob nicht wie beim Geschmack eine genauere Untersuchung den einfachen Geruch einer chemischen Verbindung dem einer Mischung als gleich erweisen wird.) Weniger einheitlich ist der Sukzessionsgeruch, wo erst Kombinationsgeruch besteht, dann Zerlegung auf einem Hintergrund. Der dritte Grad ist der Koinzidenzgeruch, wenn die Bestandteile auch gleichzeitig nebeneinander aufgefaßt werden, aber doch eine Einheit bewahren. Das Auseinanderhalten erfordert hier Spannung der Aufmerksamkeit, mit deren Nachlassen die Einheitlichkeit sofort zunimmt. Der folgende Grad des Dualitätsgeruches ist eine Mehrheitsauffassung ohne einigendes Band. Er setzt praktisch voraus, daß die beiden Gerüche einzeln den beiden Nasenlöchern zugeführt werden. Im Wettstreit hat man dann abwechselnd den einen und den andern Bestandteil allein, ohne jede Verschmelzung. Die unterste Grenze ist die dauernde Unterdrückung des einen Geruches; wird derselbe nachher allein geboten, so erscheint er deshalb neu.

Verschmelzungsgesetze (*Henning*). Der Kombinationsgeruch kommt bei ähnlichen wie unähnlichen Bestandteilen vor; nur lassen sich ähnliche schwerer trennen. Steigert man die Stärke beider Bestandteile gleichmäßig, so bleibt die Verschmelzung gleich innig. Kommen weitere Bestandteile hinzu, so wird nicht allgemein die Verschmelzung inniger, wenn auch die Unterscheidung schwerer wird. Es ist unrichtig, daß nur Vertreter verwandter Klassen sich mischen. Beispiele gewohnter Mischgerüche sind der Warenhausgeruch, der Apothekengeruch, das Waldaroma.

3. Geruchsausfall. Nach *Zwaardemaker* betrifft der Ausfall nicht selten nur eine Gruppe von ähnlichen Gerüchen, ähnlich einer Farbenblindheit. *Rollett* hatte sich einen vollständigen Geruchsausfall zugezogen; allmählich kamen die verschiedenen Gerüche wieder, und zwar in ganz bestimmter Ordnung. Auch die vorher genannten Tatsachen der Ermüdung mit ihrem Übergreifen auf ähnliche Gerüche, die Mischung der verwandten, Kompensation oder Wettstreit bei unähnlichen Gerüchen werden von *Zwaardemaker* zu einer Hypothese getrennter Organe verwendet. — Anderseits werden viele dieser Grundlagen von *Henning* bestritten. Im Fall *Rollett* seien, abgesehen vom Moschusgeruch, die Gerüche ungefähr nach ihrer Stärke wiedergekehrt, nicht nach psychologischer Ähnlichkeit.

Neues Material steuert *F. B. Hofmann* bei. Er erlitt einen fast völligen Geruchsausfall, der sich in den folgenden Jahren allmählich zurückbildete. Das Auffallendste war, daß Gerüche vorübergehend auftraten, die er im früheren Leben nie gehabt hatte und die bei weitergehender Heilung auch wieder verschwanden. *Hofmann* nimmt deshalb eine Komponentengliederung an. Derselbe chemische Stoff erregt mehrere Elemente mit verschiedener spezifischer Energie; ein anderer teils dieselben, teils andere Elemente. Wenn bei der Heilung ein Geruch in einen andern übergeht, wird ein neues Organ wieder leistungsfähig, und der neue Empfindungsbestandteil überdeckt unter Umständen den früheren, vor der Krankheit unbekannten

Geruch. *Hofmann* führt auch andere Fälle an, bei denen gleichermaßen fremdartige Gerüche auftraten.

Fehlt es so nicht an Tatsachen, die auf Komponentengliederung hinweisen, so ist eine Durchführung des Gedankens in einer wahrscheinlichen Geruchstheorie noch nicht unternommen worden.

§ 6. Adaptation und Mischung im Geschmackssinn; Theorie desselben.

1. Die Mischung von zwei Geschmäcken ist von der Art der Tonmischungen, die Bestandteile bestehen nebeneinander fort; nur verändern sich die Empfindungen dabei quantitativ. Von der Eigenart der Mischempfindungen war schon in § 1 die Rede.

Eine gegenseitige Aufhebung zweier Geschmäcke behaupten nur *Zwaardemaker, Brahn* und *Wundt*. Der einzige beobachtete Fall von Kakao und Zucker ist aber physikalisch erklärbar. Einen gegenseitigen Intensitätsverlust bei erhaltenem Mischgeschmack stellte *Kronecker* zwischen Zitronensäure und Zucker fest.

2. Umstimmung bzw. Kontrast. Prüft man die zur Erkennung des Geschmackes nötige Zeit, so findet sich ansteigend die Reihenfolge: salzig, süß, sauer, bitter. Bei einer Mischung tritt der bittere Geschmack erst später ein, dauert dann länger als der süße und saure. Der Geschmack ermüdet schnell. Reizte *Kiesow* mehreremale nacheinander eine Papille, die früher schnell Empfindung gegeben hatte, so war die Empfindung bald herabgesetzt. Während der Einwirkung des Reizes kann sich die Qualität des Geschmackes ändern. Eine Fleischbrühe, die unangenehm salzig erscheint, wird bald milder. Der „Nachgeschmack“ beruht wohl auf dem Zurückbleiben schmeckbarer Stoffe auf der Zunge.

Klarer sind die Umstimmungserscheinungen. Bei destilliertem Wasser kann man süß schmecken, wenn man vorher die Zunge in schwacher Natronlauge oder Schwefelsäure gehalten hatte. *Kiesow* fand, daß salzig und süß, salzig und sauer sowohl sukzessiven als simultanen Kontrast zeigten, süß und sauer nur sukzessiven; bitter stand allein.

Zuntz gibt an: $^1/_{10}$ % Kochsalzlösung kann nicht mehr sicher von reinem Wasser unterschieden werden; wird es dagegen zu gleichzeitig vorhandenem Süß (12 % Zuckerlösung) gebracht, so macht es letzteres intensiver; wird das Kochsalz verstärkt, so daß es selbst wahrnehmbar ist, so vermindert es den süßen Geschmack. Von den durch Kontrast bewirkten Geschmäcken wird am stärksten süß hervorgerufen, dann sauer, salzig, bitter. Ferner bekommt man simultan stärkeren Kontrast als sukzessiv. *Henning* faßt die Regel des Simultankontrastes folgendermaßen: Ein deutlicher Geschmack hebt einen andersartigen deutlichen Geschmack nur, wenn beide keinen Mischgeschmack bilden. Bei süßem Gebäck und Wein erscheint der Wein sauer, bei gesonderter Auffassung beider; wenn dagegen der Zucker in Wein gelöst wird, erscheint der Wein gezuckert, als Mischgeschmack. Ähnlich heben sich Wein und Käse gegenseitig, die keinen einheitlichen Mischgeschmack bilden. Die zentralen Prozesse des Kontrastes und der Verschmelzung heben sich gegenseitig auf.

Die Wirkung hängt großenteils von der Art der Substanz ab; starke Schwefelsäurelösung bewirkt den Süßkontrast, dagegen nicht Essigsäure, trotz gleichen sauren Geschmackes. Kaliumchlorat, obwohl selbst fast geschmacklos, bewirkt einen deutlichen Nachgeschmack, das Wasser erscheint dann süß. Nach *Henning* ist die

gegenseitige Kontrasthebung aus der Beeinflussung des Lösungsdruckes der Ionen zu erklären. Auch Erhöhung der Temperatur erniedrigt die Geschmacksschwelle; deshalb salzt man kalt gewordene Speisen nach.

Nach *Wundt* beruhen die Umstimmungserscheinungen wohl auf zentralen Bedingungen, da sie auch bei weit entfernten Reizstellen eintreten.

3. Zur Theorie des Geschmackes. Die verschiedenen Geschmacksqualitäten zeigen sich auch voneinander unabhängig. Ein Geschmack kann herabgesetzt oder gar zerstört sein, ohne daß die andern herabgesetzt werden. Bei Kauen von Gymnema wird süß und bitter völlig aufgehoben: Zucker schmeckt dann wie Sand, Chinin wie Kreide. Die Wirkung dauert viele Stunden. Dagegen bleibt der Geschmack von salzig und sauer bestehen, ebenso wie Tast- und Schmerzempfindung. Angeborner Geschmacksverlust wird nicht beobachtet, wohl aber pathologisch erworbener.

Die Geschmäcke zeigen sich also teils voneinander unabhängig (teilweiser Ausfall), teils einander durch Kompensation, Kontrast beeinflussend. Eine Theorie, die das alles in einer Erklärung zusammenfaßte, ist noch kaum versucht worden.

Viertes Kapitel.

Die Hautempfindungen.

Literatur. *v. Frey*, Druckempfindung und Schmerz, 1896. — *Goldscheider*, Physiologie der Hautsinnesnerven, 1898. — *Thunberg*, Physiologie der Druck-, Temperatur- und Schmerzempfindungen, in Nagels Handbuch der Physiologie III, 1905. — *Alrutz*, Untersuchungen über die Temperatursinne, in ZPs 47 (1908) 161 ff. — *E. Gertz*, Psychophysische Untersuchungen über die Adaptation im Gebiet der Temperatursinne usw., in ZPs II 52 (1921) 1 ff. 105 ff. — *W. Möhrke*, Beitrag zur Untersuchung der Schmerzempfindung, in ArGsPs 42 (1921) 97 ff.

§ 1. Der Hautsinn.

1. Das ganze Gebiet des früheren fünften Sinnes, d. h. die Zusammenfassung aller Qualitäten, welche unter die vier übrigen Sinne nicht unterzubringen sind, teilt *Wundt* folgendermaßen:

Empfindungen des allgemeinen Sinnes
- Tastempfindungen
  - Äußere T. (Druck, Kälte, Wärme, Schmerz)
  - Innere T. (Lage, Bewegungsempf.)
- Gemein- oder Organempfindungen (Hunger, Ermüdung, innere Schmerzen)

Allgemeiner Sinn: sowohl weil er bei allen Tieren vorkommt, als weil er über den ganzen Körper verbreitet ist, über die äußere Haut, die angrenzenden Körperhöhlen, viele innere Organe. Wir behandeln zunächst die „äußeren Tastempfindungen", den Hautsinn, wie er von seinem Organ genannt wurde.

Die erste bahnbrechende Bearbeitung gab *E. H. Weber* (1834 und 1846), der eine Fülle von neuen Tatsachen und Theorien lieferte. Auf ihn gehen zurück die ersten Beobachtungen über die kleinsten wahrnehmbaren Gewichtsunterschiede, über das Lokalisationsvermögen der Haut, die Theorie der Empfindungskreise, des Temperatursinnes. Eine zweite entscheidende Periode beginnt 1882 durch die Entdeckung der Wärme-, Kälte- und Druckpunkte durch *Blix*. Für die Schmerzpunkte wurden in ähnlicher Weise die Untersuchungen von *Frey* grundlegend.

Der Erfolg dieser Entdeckungen war die Spaltung des alten Hautsinnes in vier selbständige Sinne, den Kältesinn, Wärmesinn, Drucksinn und den Schmerzsinn.

Einige Gründe für diese Trennung. a) Das Wichtigste war die Entdeckung der vier Arten von Sinnespunkten auf der Haut, deren jede spezifisch reagiert. Damit steht das Vorkommen eigener Nerven für diese Qualitäten fest. So können alle elektrisch gereizt werden, Kälte- und Wärmepunkte auch mechanisch und chemisch; in allen Fällen reagieren sie spezifisch. Da nun auch psychologisch betrachtet die vier Qualitäten voneinander verschieden sind und keine kontinuierlichen Übergänge ineinander zeigen (wie die Farben), sondern höchstens mehr oder weniger schwer zerlegbare Mischungen, so betrachtet man das als genügend für die Trennung der vier Leistungen in verschiedene Sinne. b) Eine Bestätigung sieht man in den Tatsachen der teilweisen Empfindungslähmung, welche freilich allein nicht genügen würden. Im Anfang der Narkose hört zuerst die Schmerzempfindlichkeit auf, erst später die Druckempfindlichkeit. Beim „Einschlafen eines Gliedes" durch Druck eines Nerven fällt zuerst die Kälteempfindlichkeit aus, erst später die andern Qualitäten.

2. Die Hautsinnespunkte. Das Wesentliche der Methodik ihrer Auffindung ist, daß man nur einzelne Punkte der Hautoberfläche auf eine der vier Qualitäten reizt und deshalb die Reize so schwach nimmt, daß nur dieser Punkt darauf reagieren kann. Am leichtesten findet man so die Kältepunkte (Fig. 26). Man grenzt auf dem Handrücken mit Tinte ein kleines Viereck ab, betastet dann mit einem nicht zu spitzen Bleistift in kleinen Absätzen die parallelen Linien in kleinen Entfernungen voneinander und bezeichnet jeden Kältepunkt mit Tinte. Später wiederholt man dasselbe Experiment, um sich zu überzeugen, daß dieselben Punkte wieder Kälteempfindung geben, daß es sich also um bleibende Organe handelt.

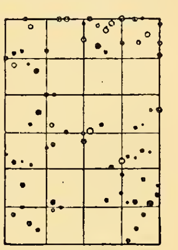


Fig. 26. Temperaturpunkte nach *Donaldson* (Kältepunkte ausgefüllt, Wärmepunkte unausgefüllt).

Für die genauere Untersuchung der Kälte- und Wärmepunkte verwendet man nach *Blix* hohle Metallzylinder, welche durchströmendes Wasser auf konstanter Temperatur erhält. Zur Auffindung der Druckpunkte dient das Verfahren *v. Freys* mit den „Reizhaaren". Haare verschiedener Dicke werden an Holzstäbchen festgeklebt. so daß sie 20—30 *mm* hervorragen. Das Haar wird dann geeicht: unter dem Mikroskop wird sein Durchmesser gemessen, seine Fläche in *qmm* bestimmt; dann wird an einer Wage das größte Gewicht gesucht, welches das Haar ohne Durchbiegung eben noch heben kann. die „Kraft des Haares". Die für die Flächeneinheit berechnete Kraft ist sein Druck (in *gr/qmm*). Die schwächsten Drucke, die mit Frauenhaaren erreicht werden. sind etwa 1 *gr/qmm*. Mit solchen Haaren prüft man die Hautstelle durch. Starke Reize werden überall empfunden, nur lassen sich Stellen geringerer und größerer Erregbarkeit unterscheiden. Bei schwächeren Reizen werden die Druckstellen immer mehr zu Punkten eingeengt, mit Lücken zwischen ihnen. Bei heftigem Reiz ermüden die Punkte auch, erholen sich aber schnell wieder.

Viel schwieriger sind die Schmerzpunkte zu bestimmen, was erst *v. Frey* gelang. Man benutzt dafür ein dickes, vorn zugespitztes Pferdehaar; die Haut muß dafür mit Seife gewaschen und etwas feucht gehalten werden; das Haar darf beim Stechen nicht in die Haut eindringen. So untersucht man Hautstellen, wo die vorher untersuchten Druckpunkte weiter auseinander liegen. Dann erreicht man schmerz-

hafte Empfindungen ohne vorherige oder begleitende Druckempfindungen, die spezifischen Schmerzpunkte.

Die Zahl und Ordnung der Sinnespunkte. Die vier Qualitäten sind an verschiedene Punkte der Haut geknüpft, welche unregelmäßig verteilt sind. Etwas unter dem Sinnespunkt ist in der Haut das Endorgan des Sinnes anzunehmen. Am leichtesten läßt sich die Lage der Druckpunkte an den behaarten Hautstellen (etwa 95% der ganzen Oberfläche) angeben; sie liegen regelmäßig in der Verlängerung jedes Haares, also da dieses schief steht, etwas seitlich von seiner Eintrittsstelle in die Haut. An den nicht behaarten Hautstellen sitzen die Druckpunkte sehr dicht, so daß man sie an den Fingerbeeren kaum trennen kann.

Die Zahl der Kältepunkte ist bedeutend größer als die der Wärmepunkte. *Sommer* setzt auf den *qcm* der Haut im Mittel 12—13 Kältepunkte an, dagegen nur 1—2 Wärmepunkte. Er berechnete für die ganze Körperoberfläche etwa 1/2 Million Kältepunkte und 30000 Wärmepunkte. Die Zahl der Tastnervenenden schätzt *v. Frey* auf 1/2 Million außerhalb des Kopfes (im Mittel 25 auf 1 *qcm*). Schmerzpunkte kommen nach ihm sogar etwa 100—200 auf den *qcm* des Handrückens, was auf eine Gesamtzahl von 2—4 Millionen schließen läßt. In diesen Angaben über Zahl und Anordnung der Punkte stimmen *Blix, v. Frey, Alrutz, Kiesow* u. a. gut überein. Die älteren Angaben *Goldscheiders,* der viel mehr Temperaturpunkte verzeichnete, gelten heute als wertlos, weil er noch nicht mit abgestuften Reizstärken prüfte.

Die anatomische Natur der Nervenendorgane ist erst mit einiger Wahrscheinlichkeit bekannt. Sicher entspricht den Druckpunkten das Nervengeflecht der Haare, an den nicht behaarten Stellen wahrscheinlich die *Meißner*schen Körperchen. — Für die Schmerzpunkte sind sicher manche oberflächlich liegende Nervenenden in Anspruch zu nehmen. — Als Endorgane der Kältepunkte vermutet *v. Frey* die Endkolben *Krauses.* Die Wärmeendorgane liegen wohl noch tiefer.

Die Haut ist nicht in gleichem Sinne ausschließlich für Sinnestätigkeit bestimmt wie das Auge. Sie hat noch viele andere Tätigkeiten, die Wärmeregelung, die Aufspeicherung von Vorratsstoffen, Schutz des Körpers gegen mechanische und chemische Schädlichkeiten. Die Sinnesfähigkeiten fehlen auf größeren Teilen der Haut.

§ 2. Die Kälte- und Wärmeempfindungen.

1. Die Verbreitung des Sinnes im allgemeinen läßt sich gut erforschen durch Reizung mit kleinen Flächen und Beurteilung des Grades der Temperaturempfindung. So ergibt sich: der Wärmesinn ist überall intensiv und extensiv schwächer angelegt als der Kältesinn. Je höher irgendwo die Wärmeempfindlichkeit ist, desto höher ist dort auch die Kälteempfindlichkeit, und zwar ist sie der ersteren immer überlegen. An denjenigen Stellen, welche vorzugsweise dem Tastsinn dienen, ist die Temperaturempfindlichkeit sehr viel schwächer. Auch außer der Hautoberfläche sind einige Teile temperaturempfindlich, so im Gehörgang, in Mund und Rachenhöhle.

Auch schon die einzelnen Temperaturpunkte zeigen Verschiedenheiten der Empfindlichkeit. Hierauf wie auf der verschiedenen Zahl der Punkte

beruht die verschiedene Empfindlichkeit größerer Flächen. Dagegen ist es gleichgültig, ob die Körperteile gewöhnlich bedeckt sind oder nicht. Die Hand ist schwach kälteempfindlich, weil sie weniger dafür ausgebildet ist, in Übereinstimmung mit ihrem Zweck für die Tastempfindlichkeit; im Gegensatz dazu ist das Gesicht ebenso kälteempfindlich wie ein bedeckter Teil. Das Unbedecktlassen eines Körperteils bewirkt bloß, daß dort gewöhnlich die Lufttemperatur nicht gefühlt wird (Adaptation).

2. Die Temperaturempfindung psychologisch betrachtet. Die Kälteempfindung eines gereizten Punktes blitzt sofort in ihrer ganzen Intensität auf; die Wärmeempfindung dagegen schwillt langsam an. Das liegt vermutlich an der verschieden tiefen Lagerung der Endorgane. Daneben gibt es nur Intensitätsunterschiede. Die Kälteempfindung wird bei höchster Intensität brennend durch Hinzutritt der Reizung von Schmerzpunkten: der Kälteschmerz. Einen ähnlichen Verlauf zeigt die Wärme.

Die Qualität „naß" ist nach *Helmholtz* eine Verschmelzung von kalt und glatt. *Thunberg* setzte statt dessen kalt ohne Berührungsempfindung an. Es wird hingewiesen auf die naßkalte Nachempfindung auf der Stirn, wenn sie länger von einem kalten Gegenstand berührt ward, der nun entfernt ist. Bei einer Nachprüfung mit punktförmiger Reizung findet *Tung* (AmJPs 1920), daß naßkalt nur bei gleichzeitigem Kälte- und Druckreiz vorkommt. Erst tritt der Druck auf, der schnell in naßkalt übergeht; dieses verwandelt sich später in reines kalt, vermutlich weil der Druck durch Anpassung ausfällt. Wurde dann der Druck wieder verstärkt, so kam manchmal naßkalt wieder. Das Naßkalt dieser Reize wird beschrieben als eine schmelzende Schneeflocke, ein Tropfen kalten Wassers; strahlende Kälte gleicher Ausdehnung dagegen als mehr an kalten Wind ohne Druck erinnernd. Danach scheint für punktförmige Reize naß als Verbindung von kalt und Berührung erwiesen. Wenn die Untersuchung von Flächenreizen nichts Neues bringt, wird man die nasse Nachempfindung an der Stirn so erklären müssen, daß in diesem Fall auch eine Nachempfindung des Druckes vorliegt. — Der Versuch von *Malmud* (AmJPs 1921), den Eindruck von warmem Wasser in ähnlicher Weise auf die Verbindung von warm und Druck zurückzuführen, gelang nicht; es treten bloß Abarten von warmem Druck auf. Er vermutet, daß beim Eintauchen in warmes Wasser die eigentliche Naßempfindung fehle und nur neben der Berührungsempfindung ein Wissen um die Flüssigkeit bestehe.

Die Qualität „heiß" ist nach *Alrutz* eine nicht zerlegbare Verschmelzung von kalt und warm an derselben Hautstelle, und nicht etwa eine starke Wärmeempfindung. Einige seiner Gründe: Wenn keine Kältepunkte da sind, können auch starke Wärmereize nur Wärme oder Schmerz bewirken, nie Hitzeempfindung. Auf Hautstellen mit starkem Kältesinn und schwachem Wärmesinn können wohl Hitzeempfindungen, aber nicht starke Wärmeempfindungen erregt werden. Mithin sind für Hitzeempfindungen die Kälteempfindungen wesentlich. Wenn man mit mittleren Wärmegraden reizt, so tritt sehr häufig zuerst die Wärmeempfindung allein auf, erst viel später die Hitzeempfindung. Dagegen treten Kälteempfindung und Hitzeempfindung immer gleichzeitig auf. Paradoxe Kälteempfindungen sind bei 36,5° möglich, Hitzeempfindungen bei 36—36,5°. Wenn der Wärmesinn mangelt, lösen Hitzereize nur eine Kälteempfindung aus. Dasselbe wird von andern Forschern bestätigt.

Nach *Thunberg* ist die Heißempfindung nicht subjektiv einfach, sondern man kann darin beide Empfindungen unterscheiden wie beim Gehör; die Wärmeempfindung

werde durch gleichzeitige und gleich lokalisierte Kälteempfindung anders gefärbt. Er betont auch die in der Hitze enthaltene Erwartung einer brennenden Empfindung. Die vorausgenommene Vorstellung des Brennens ist *Kiesow* die Hauptsache; die Hitze entstehe immer nahe der Schmerzschwelle, sei schmerzbetont. Nach *Alrutz* können nebeneinander getrennte Kälte- und Wärmeempfindungen bestehen; dann ist aber die einheitliche Hitzeempfindung etwas Neues, eine einfache Empfindung mit zwei Ähnlichkeiten zu kalt und warm; freilich kann sie unter Umständen einen mehr warmen oder kalten Ton annehmen. Das Wort „Hitze" auf eine schmerzhafte Wärmeempfindung zu beschränken, scheint dem Sprachgebrauch weniger zu entsprechen; man spricht auch von „Fieberhitze", von der „Hitzeempfindung" bei 36°, wo von Schmerz keine Rede ist.

Die Temperaturempfindungen zeichnen sich durch einen lebhaften Gefühlston aus. Kräftige und ausgedehnte Kälte ist gewöhnlich unangenehm, Wärme gewöhnlich angenehm. Als Kontrast zu stärkeren Empfindungen kann auch das Entgegengesetzte angenehm werden. *Alrutz:* Kälteempfindungen (ebenso Hitzeempfindungen) erscheinen dann unangenehm, wenn sie so intensiv sind, daß sie einen Schock verursachen. Deshalb ist die Ausdehnung der Empfindung wesentlich, weil sie das Volumen derselben vergrößert. Die eiskalte Empfindung eines Kältepunktes ist nie unangenehm. Die reinen Wärmeempfindungen scheinen nie so intensiv werden zu können, um unangenehm zu sein.

Hellpach (Die geopsychischen Erscheinungen, [2]1917): Die Luftwärme hat einen für die Arbeit günstigsten Wert, der nach *Lehmann* bei geistigen Arbeiten 7—10°, bei Muskelleistungen 15° beträgt, vorausgesetzt, daß sonst der Körper genügend warm gehalten wird. Bei höchster Wärme treten Mattigkeit und Trübung des Bewußtseins ein. Die Wärmestrahlung führt in mittlerer Stärke eine Steigerung des Wohlbefindens herbei, mit leiser Unaufgelegtheit zu geistigen Arbeiten; bei stärkerer Wirkung Euphorie, allgemeine Erregung, die später zu Gereiztheit, Delirien führen kann; so in der Sommersonne, im Kesselraum, im Sonnenstich. Die Kälte ist eine Anregung des Stoffwechsels. Die Kältebegeisterung im Wintersport liegt indessen an dem bewußten Unterdrücken anfänglich unlustvoller Elemente. Ist der Wärmeapparat bei jemand schwach, bei Blutlosen, Rheumatischen, so besteht Unlust gegen Kälte. Die äußerste Wirkung der Kälte ist das Erfrieren. Bezeichnend dafür ist die Lähmung, eine immer stärker werdende Schläfrigkeit, die den Willen ohnmächtig macht, einen antreibt, sich hinzulegen und hinüberzuschlummern. Unruhe beruht nicht auf direkter Kältewirkung, sondern auf dem Wissen um die drohende Gefahr. Allgemein ist auch die Luftbewegung erfrischend; wenn sie lange andauert, wird sie lästig, wenn man sich etwa gegen den Wind vorankämpfen muß. Bewegte Frostluft ist schmerzlich, wo sie die Haut trifft.

3. Die paradoxe Temperaturempfindung. Reizt man einen Kältepunkt mit 35°, so erhält man eine intensive Kälteempfindung, die paradoxe Kälteempfindung. Bei flächenhafter Reizung kann man die paradoxe Kälteempfindung nur dort erhalten, wo wenig Wärmepunkte vorhanden sind; sonst entsteht aus der Verbindung Hitzeempfindung. — Dagegen gelingt es schwerer, durch Reizung eines Wärmepunktes mit Kältereiz eine paradoxe Wärmeempfindung zu erzielen, vermutlich weil die Wärmeendorgane tiefer in der Haut liegen und deshalb schwer getrennt zu reizen sind. Klar wies sie *Rubin* nach (ZPs II 46 [1912] 388 ff.): an einer Hautstelle mit der Temperatur 28,5°, in deren Nähe sich nur Wärmepunkte befanden, gab erkaltendes Wasser von 31—29° Wärmeempfindung; dann bei 28,7° nichts mehr. Aber weiter unten, bei 28,4°,

begann die Wärmeempfindung von neuem, stieg bei weiterem Sinken an bis 27,0°, wurde von da an wieder schwächer; unter 25° trat sie nur noch mit Unterbrechungen auf, kam aber selbst noch bei 22,5° vor. Diese paradoxen Wärmeempfindungen sind sehr schwach, viel weniger eindringlich als Kälteempfindungen.

Die Regel der spezifischen Reaktion auf Temperaturreize ist ohne Ausnahme. Wenn *Kiesow* gefunden haben wollte, daß ein Kältepunkt auf Wärmereiz mit Wärmeempfindung reagiert, so liegt nach *Titchener* eine Verwechslung mit Hitzeempfindung vor.

Die spezifische Reaktion bewährt sich auch auf einige inadäquate Reize. So auf die mechanische Reizung. Stößt man mit einem spitzen Hölzchen gegen einen Kältepunkt, so erhält man eine deutliche Kälteempfindung. Ebenso ist Wärmeempfindung bei einem Wärmepunkt zu gewinnen. — Elektrische Reizung: Wenn man mit der elektrischen Nadel an Temperaturpunkte kommt, hört das sonstige Prickeln, das vom Tastsinn herrührt, auf, und es entsteht eine punktförmige Temperaturempfindung. — Schmerzreizung: Bei einem sehr intensiven Kältepunkt kann man durch Hineinstechen einer Nadel in vielen Fällen eine reine Kälteempfindung erhalten (*Titchener*). Dasselbe bezeugt schon *Goldscheider*. — Chemische Reizung: Menthol, bekannt als Migränestift, bewirkt Kälteempfindung, nicht durch Verdunstungskälte, die man ausschließen kann, sondern durch direkte chemische Reizung der Kältenerven. Es bewirkt zugleich Überempfindlichkeit für andere Kältereize, so daß Dinge, die sonst indifferent erscheinen, intensiv kalt empfunden werden.

4. Die normalen Reize sind die objektiven Temperaturunterschiede von etwa —10° bis 70° C aufwärts. Die äußersten Temperaturen bewirken bloß Schmerz, welcher oben und unten gleichen Charakter hat. Sinkt die Temperatur so tief, daß das Gewebe erfriert, so hört alle Empfindung auf, um beim Auftauen wiederzukehren. Ein Schema der Reihenfolge der Temperaturempfindungen im Verhältnis zu den Reizen gibt *Alrutz* (für den Handrücken mit einer Normaltemperatur von 33°):

Kälteschmerz Kälteempf. Indifferenzzone. Wärmeempf. Hitzeempf. Brennende Empf.

−12° 32,8° 33° 33,3° 36° 45°

Es scheint, daß bei Hitzeempfindungen die Kältekurve stärker ansteigt als die Wärmekurve. Nach der Selbstbeobachtung tritt in der Hitzeempfindung bei steigendem Reiz die Kälteempfindung immer mehr hervor. Es scheint, daß der Kältesinn überhaupt stärker ist und mehr Feinheitsgrade besitzt als der Wärmesinn.

Die Aufgabe des Wärmesinnes scheint es zu sein, kleine Steigerungen über die Normaltemperatur zu berichten; ferner neben dem Kältesinn auf größere Temperatursteigerungen zu reagieren und so die Kälteempfindung zu färben, so daß sie nicht als Temperaturerniedrigung erscheint; endlich neben Kälte- und Schmerzsinn zugleich auf höchste Temperaturreize zu reagieren und so die Empfindung von Kälteschmerz zu unterscheiden. Die kleinen Temperaturdifferenzen innerhalb der Hitzeempfindungen kommen mehr auf den Kältesinn bzw. Schmerzsinn, während der Wärmesinn nur jene qualitative Färbung hinzufügt.

Der Punkt, welcher Wärme- und Kälteempfindung scheidet und weder warm noch kalt empfunden wird, ist die Indifferenztemperatur. Dieselbe ist genauer eine kleine Strecke, nach *Leegaard* nicht über 0,5° breit. Sind beide Temperatursinne schwach entwickelt, so kann die Indifferenzzone sehr viel breiter sein. Sie liegt gewöhnlich bei 28—29°.

Aber indem die Haut länger anderer Temperatur ausgesetzt ist, verändert sich der Punkt entsprechend: die Erscheinung der Anpassung (Adaptation).

Nach *Gertz* geht die Adaptation auf Kälte nicht in einem Zug, sondern sprungweise. Sie scheint nur die Hautnerven zu betreffen; eine tiefer lokalisierte Kälte hört nie auf, verbunden mit andern Empfindungen, wie Steifheit, Druck, Zug, Spannung, Schmerz. Das eigentliche Kriterium der Adaptation, daß die Temperaturempfindung aufhört, ist nicht immer anwendbar. Ein indirektes Kriterium ist die Tatsache, daß man von einer tieferen Temperatur keine Wärmeempfindung, von höheren keine Kälteempfindung mehr erhält. Bei der Kälteadaptation ist Abwesenheit der Empfindung bis herab zu etwa 16° zu erhalten. Unterhalb 12° ist keine vollständige Adaptation mehr möglich; es bleibt dauernde tiefe Kälteempfindung, selbst nach zwei Stunden. Bei der Wärmeadaptation läßt sich tiefe und oberflächliche Empfindung nicht scheiden, so daß man hier nur nach dem indirekten Kriterium vorangehen kann. Bei 45° bleiben auch nach zwei Stunden starke Wärmeempfindungen, vermischt mit Schmerz. Prüft man dann mit tieferer Temperatur, so verschwindet zunächst der Schmerz, tiefer die Wärmeempfindung. Diesen subjektiven Indifferenzpunkt, der also von der Außentemperatur verschieden ist, kann man die „wirkliche Adaptation“ nennen. Vollständige Adaptation herrscht nur bei 32—38°, darüber nicht mehr. Bei einer Außentemperatur von 45—46° liegt die Grenze der Adaptation bei 41—42°.

Die Grenzempfindungen bei der Adaptation: Bei Adaptation zwischen 32—38° ist der höchste Reiz, der Kälte erzielt, nahe unter der objektiven Temperatur. Über 38° bleiben Kältereize und wirkliche Adaptation immer mehr hinter der Außentemperatur zurück. Über 42° steigen sie überhaupt nicht mehr. Bei der Adaptation an Kälte läßt sich nicht eine von der Außentemperatur verschiedene wirkliche Adaptation bestimmen. Bis 16° herab ist der Abstand zwischen Adaptationsgrenze und Wärmegrenze sehr klein; weiter nach unten entfernen sich beide. Bei Adaptation auf 8° muß man um 2° steigen, um Wärmeempfindung zu erzielen.

Nach *Hacker* ist der wahre Sinn der Adaptation nicht vorab der, daß jetzt ein Reiz kalt erscheint, der vorher indifferent war. Das folgt einfach physikalisch daraus, daß nun der sonst indifferente Körper der erwärmten Haut Wärme entzieht, was der Reiz für Kälteempfindung ist. Die Hauptsache ist vielmehr: wie bei Dunkeladaptation des Auges seine Empfindlichkeit für Licht zunimmt, so gilt ähnliches für Wärme. Wird die Hand 30″ lang in 42° warmem Wasser gewärmt, so unterscheidet sie nun Temperaturen von 48 und 50°, während die normal temperierte Hand das nicht unterscheidet. Ähnlich für Kälte.

Die Schwellenbestimmungen hängen stark von der Adaptation ab. So glaubte *Fechner* Unterschiedsschwellen zu bestimmen, indem er den Finger so lange in einer Flüssigkeit ließ, bis die Temperatur konstant geworden war, und dann die merklich verschiedene Temperatur aufsuchte. In Wirklichkeit waren das absolute Schwellen. Er fand zwischen 12,5 bis 25° die Schwelle am niedrigsten, unter $^1/_{20}$°. *Notnagel* fand die Unterschiedsschwelle bei Adaptation größer als normal; auf dem Unterarm nach langer Abkühlung 1—3° statt normal 0,2—0,3°; nach langer Erwärmung (auf 42—45°) 0,3—0,4° statt normal 0,1—0,2°.

5. Bei gleichem Temperaturreiz hängt die Intensität der Empfindung ab:

a) von dem Ort der Reizung. Dazu gehört schon die verschiedene Indifferenztemperatur, von der auch die Schwelle der Hitzeempfindung abhängt. Diese liegt bei niedriger Hauttemperatur selbst niedriger, wenn auch nicht in demselben Grade. Im Mund z. B. sind reine Wärmeempfindungen ohne Hitzeempfindungen kaum zu erhalten, außer den Lippen;

b) von der Größe der reizenden Fläche. Wenn man in dasselbe Wasser den Zeigefinger der einen Hand und die ganze andere Hand hineinsteckt, ist die letztere Empfindung nicht bloß ausgedehnter, sondern auch intensiver (*Weber*);

c) von dem Wärmeleitungsvermögen. Schlechte Wärmeleiter können sich anfänglich kalt, bei längerer Berührung warm anfühlen: Pelzhandschuhe, Kleider, deren Oberflächentemperatur durch die Berührung mit der Haut allmählich größer wird;

d) von der Oberflächenbeschaffenheit, insofern ein Gegenstand besser Wärme mitteilt, wenn er sich der Haut besser anschmiegt: Flüssigkeiten.

6. Kontrast und Ermüdung.

Taucht man eine Hand in kaltes Wasser (10°), eine andere in heißes (42°), nach einer halben Minute dann beide in mittelwarmes (26°), so empfindet die erste Hand deutlich warm, die zweite kalt. *Hering* erklärt das als Kontrast. Indessen verlangt die Erscheinung keine besondere Erklärung, sondern ist eine Anwendung der Anpassung: bei längerer höherer Temperatur wenigstens steigt der Indifferenzpunkt in dieser Richtung.

Goldscheider findet neben dem Kontrast noch Ermüdung, die einander entgegenwirken. So findet man bei 30° kühl, wenn man den Finger vorher in Wasser von 35° getaucht hat; noch mehr, wenn in 36°, 37°, 39°; dagegen bei 40° wird die nachherige Kühlempfindung schwächer, und wenn noch höher, hört sie schließlich ganz auf. *Thunberg* verwirft diesen Beweis. Schon daraus, daß die Haut stärker erwärmt wird, folgt, daß sie nachher in kaltem Wasser länger braucht zur Erreichung der gleichen Temperatur. Mit der Veränderung der Anpassung verändert sich die Schwelle der Hitzeempfindung in gleicher Richtung, aber langsamer (vgl. *Altrutz*).

7. Die Theorie der Temperaturempfindung (*Thunberg*). Hier stehen sich zwei Haupttheorien gegenüber, die von *Weber* und von *Hering*.

a) Nach *Weber* ist der Reiz für den Temperatursinn nur der Vorgang des Steigens oder Sinkens der Temperatur, nicht dagegen ein ruhiger Zustand. Man fühlt die Außentemperatur also nur, solange die Hauttemperatur sich noch ändert. Das Wärmeorgan wird nur durch Erhöhung der Eigentemperatur erregt, das Kälteorgan nur durch Erniedrigung. Die Theorie erklärt sehr gut die Adaptation: daß die Temperaturempfindungen verschwinden, sobald sich ein neuer Gleichgewichtszustand zwischen Organ und Außentemperatur hergestellt hat.

b) Anders nach *Hering*. Nicht bloß die Temperaturänderung wird bemerkt, sondern auch die absolute Temperatur, nämlich die Temperatur unter dem physiologischen Nullpunkt des nervösen Apparates wird als kalt, die Temperatur darüber als warm empfunden. Die Deutlichkeit der Empfindung wächst mit der Größe dieses Abstandes. Der Nullpunkt verändert sich übrigens im Sinn des einwirkenden Reizes, den er schließlich erreichen kann, wobei dann Adaptation eintritt.

Nach *Hering* entspricht der Assimilation der Nervensubstanz Kälteempfindung, der Dissimilation Wärmeempfindung; sind beide Prozesse gleich stark, so herrscht Indifferenzempfindung. Daraus erklärt sich weiter die Anpassung: bei längerem Anhalten eines Wärmereizes erschöpft sich das Dissimilationsmaterial, so daß die ent-

gegengesetzten Prozesse gleich stark werden. Ebenso erklärt sich der Kontrast, wie beim Gesichtssinn.

Indessen ist die Grundvoraussetzung der ganzen Erklärung, die Einheit des Temperaturapparates, heute nicht mehr haltbar. Man müßte also auf die einleuchtenden Erklärungen verzichten und die Theorie heute so aussprechen: der Wärmeapparat wird durch jede Temperatur über dem physiologischen Nullpunkt erregt, der Kälteapparat durch jede unterhalb desselben. Der Nullpunkt selbst verändert sich in der Richtung der einwirkenden Temperatur.

Diese Theorie unterscheidet sich dann von der *Weber*schen nur noch darin, daß nach *Weber* mit dem Eintreten des Ruhezustandes die Empfindung aufhört, nach *Hering* sie noch länger andauert, bis die unbekannte Veränderung des Nullpunktes die Außentemperatur erreicht hat. Wenn man annähme, die Verschiebung des Nullpunktes gehe ebenso schnell vor sich wie die Erreichung des Temperaturgleichgewichtes, dann würde die *Hering*sche Theorie in die *Weber*sche übergehen. Nun fand *Holm,* daß die Dauer der Temperaturempfindungen dann sehr kurz ist, wenn man eine Verbreitung des Reizes zu neuen Endorganen verhindert. Seine Zahlen stimmen recht gut zur Annahme, daß bloß in der Zeit der Temperaturausgleichung Empfindung erregt wird. Das spricht für die *Weber*sche Theorie.

Noch klarer in diesem Sinn sprechen Versuche von *Rubin,* die eine Hauptschwierigkeit gegen die *Weber*sche Theorie lösen. Man sagt, die Anpassung an die Außentemperatur ist nicht unbegrenzt. Die Temperatur eines sehr kalten oder sehr warmen Zimmers empfindet man dauernd, wenn sich das Gleichgewicht sicher längst hergestellt hat. Man kann zwei Stunden lang kalte Füße haben, bei gleicher objektiver Temperatur. Dagegen zeigte *Rubin* mit feinen Thermometern, daß die Empfindung ganz der Temperaturänderung folgt. Ist in einem kalten Zimmer der Arm bloßgelegt, so sinkt seine Temperatur sehr lange beständig, und deutet die Empfindung auf desto größere Kälte, je größer die Temperaturabnahme in gleicher Zeit ist. Der Abfall geschieht aber in Pausen und Schwankungen; die Kälteempfindungen treten als Kältestriche auf, die sich verschieden schnell über den Unterarm bewegen, und dieser Komplex wechselnder Kälteempfindungen wird vermutlich als dauernde Kälte aufgefaßt. Dazu treten noch beim Frieren andere Empfindungen, wie Steifheit, stumpfer Schmerz, Stiche, was Kälteempfindungen vortäuscht.

Nach *Gertz* kann die Kälteempfindung sogar beständig bleiben, wenn man die Temperatur während 45′ konstant von 30^0 auf 20^0 sinken läßt. Damit die Temperaturabnahme überhaupt nicht mehr bemerkbar sei, müßte sie viel langsamer, nämlich um 0,15^0 in der Minute abnehmen, oder um 0,20^0—0,25^0 steigen. Allerdings gelten diese Lösungen nur für die Hautadaptation, nicht für die tiefe Kälte oder höhere Wärmegrade, die, wie *Gertz* zeigt, stundenlang bleiben. Für diese scheint also die Verbindung mit der Theorie noch auszustehen.

Weiter hat man gegen die *Weber*sche Theorie die Nachempfindungen vorgebracht, die übrigens schon *Weber* selbst bekannt waren. Hält man ein kaltes Metall eine Zeitlang an die Stirn, so spürt man nach der Entfernung dort noch längere Zeit Kälte. Anderseits steigt doch nach Wegnahme des Objektes die Temperatur, und man sollte deshalb nach der Theorie Wärme erwarten.

Zur Erklärung wird heute gesagt: Wenn der Kältereiz kurz gewesen war, kann man annehmen, daß die zum Endapparat voranwandernde Kälte auch nach Wegnahme des Reizes vorläufig noch weiter geht und deshalb ein wirklicher Kältereiz vorliegt (*Thunberg*). Lag ein intensiver längerer Kältereiz vor, so treten die nachherigen Kälteempfindungen oft nach einer Zwischenpause auf. Dann hat man wahrscheinlich eine paradoxe Kälteempfindung, indem die Erwärmung vom Blut her die

Kältenerven reizt. *Alrutz* unterscheidet deshalb die nachdauernde Kälteempfindung, bis zu 1 Minute dauernd, und die sekundäre Kälteempfindung, die erst nach $^1/_2$—1 Minute beginnt.

§ 3. Die Druckempfindungen.

Der Drucksinn breitet sich aus über die ganze äußere Haut, die Mundhöhle, Zähne, Zunge, die Naseneingänge. Auch von tieferen Teilen, Sehnen, Muskeln, Periost werden Druckempfindungen ausgelöst: der „Drucksinn der tieferen Teile". Der Sinn gibt Nachricht von mechanischen Einwirkungen auf die Haut und ist von wesentlicher Bedeutung für die Raumanschauung. Seine Qualitäten sind gewöhnlich indifferent, ohne Gefühlston.

1. Die Tastqualitäten psychologisch betrachtet. Die normale Qualität ist Druck. Die Berührung ist der Qualität nach nichts anderes als leichter Druck. Wenn wir dennoch beide unterscheiden, geschieht es darum, weil wir bei Berührung mehr den subjektiven Zustand beachten, bei Druck dagegen das drückende Objekt. Eine Berührung der Haut, die gar keinen Druck leistet, wird nicht empfunden.

Genauer beschreibt *Titchener* die subjektiven Verschiedenheiten: die schwache Druckempfindung ist von heller Qualität, etwas kitzelnd, dünn, fadenförmig, aber doch von körperlichem Charakter. Wenn der Druck zunimmt, besonders auf einem Druckpunkt, wird die Empfindung schwerer, fester; noch stärker wird sie körnig, als ob man ein kleines Sandkorn in die Haut drückte, oft begleitet von einem schwachen Schmerz und manchmal von einer dumpfen Empfindung aus den Geweben unter der Haut. An andern Stellen als den Druckpunkten hat man eine mehr dumpfe Druckempfindung.

Die Kitzelempfindung erhält man bei leisester Berührung eines Druckpunktes; an behaarten Hautstellen, indem man mit einer Feder leicht darüber hinwegfährt; an den Fußsohlen, auf den Lippen auch bei kräftigem Druck. Subjektiv zeigt sie einen verschwommenen, zerfließenden Charakter und lange Dauer der Nachempfindung, die schließlich zu einem hauchartigen Berührungsgefühl abblaßt. Nach *Goldscheider* ist sie eine Art Färbung der Berührung. *Elsie Murray* (AmJPs 19, 289 ff.): Der Kitzel ist im unmittelbaren Eindruck nicht von Berührung verschieden; er entsteht schnell, ist scharf, eindringlich, weckt die Neigung zum Wegreiben. Der Eindruck des Subjektiven liegt an dem unstetigen Verlauf, was beim bewegten Reiz verständlich ist. Förderlich ist Abwendung der Aufmerksamkeit. Das stark vorherrschende Gefühl beruht wohl auf der Muskelreaktion und der geweckten Suggestion; das Angenehme am geweckten Lächeln, der leichten Berührung, der allgemeinen Erschlaffung. Die Unlust des tiefliegenden Kitzels liegt an der starken Zusammenziehung des Zwerchfells, an der Suggestion des Unbekannten. Das Jucken unterscheidet sich vom Kitzel durch längere Dauer, Schmerz und Intensitätsschwankungen. Es entsteht bei verschiedenen Hautkrankheiten, bei Insektenbiß, bei Hautwunden oder durch leisestes Drücken gegen die Haut mit einer feinen Nadel.

Einige fordern für Kitzel und Jucken besondere Nerven wegen ihrer großen Verschiedenheit von Druck- oder Schmerzempfindung. Die meisten aber nehmen an,

der Kitzel sei eine Empfindung des Drucknerven (*Weber, Goldscheider, v. Frey*), das Jucken gehöre eher zum Schmerznerven. *Lehmann* wieder rechnet beide zur Schmerzempfindung. Das Jucken entsteht durch sehr schwache Reizung des Stichpunktes oder als unstetiges Abklingen einer Stichempfindung. Sehr schwaches Jucken wieder wird zum Kitzel. Wenn er durch Streichen der behaarten Hautstellen bewirkt wird, ist zu beachten, daß dabei auch die sehr verbreiteten Stichpunkte erregt werden können. Immerhin gehört nach dem unmittelbaren Eindruck der Kitzel mehr zur Berührung, der gegenüber er sich durch seinen zeitlichen Verlauf und die wohl daran sich knüpfende Organreaktion unterscheidet.

Der Kitzel kann angenehm sein (Handfläche, Achselhöhle) oder unangenehm (Fußsohle, Mündung der Nasenhöhle, des Gehörganges). Der Zusammenhang des Lachens damit ist unberechenbar. Man kann sich selbst kitzeln, aber nicht dadurch zum Lachen bringen. Es ist auffallend, daß diejenigen Gebiete, die besonders kitzlig sind, auch leicht verletzlich sind, vielleicht ein Hinweis darauf, daß hier eine instinktive Abwehrreaktion vorliegt. Man kann die Disposition zum Kitzel aufheben durch jede stärkere Reizung in der Umgebung, durch Kälte, Hitze, Druck, Stich. Daher auch das Kratzen beim Jucken. Es wird ein stärkerer Erregungszustand der Nerven bewirkt, welcher den schwächeren unterdrückt.

Spitz-stumpf bedeuten Druckempfindungen, die räumlich beschränkt oder ausgedehnt sind; bei ersterem spielt der Schmerzsinn mit. Hart-weich sind Verbindungen von Druckempfindung mit Widerstandsempfindung.

Merkwürdig ist, daß man trotz der getrennten Endorgane den Eindruck einer lückenlosen Berührungsfläche erhält. Indessen schon der punktförmige Reiz liefert eine etwas ausgedehnte Empfindung. Dazu kommt wohl, daß die gewöhnliche Erfahrung beim Sehen oder Streichen keine Lücken im Zusammenhang der Hautoberfläche zeigt. Auch die Stellen zwischen den Druckpunkten wecken bei gewöhnlicher Druckstärke Berührung. Der Eindruck des lückenlosen Zusammenhanges besteht übrigens auch für den Temperatursinn; ebenso erscheint der einzelne Temperaturpunkt als etwas Ausgedehntes.

2. Der adäquate Druckreiz ist der mechanische, und zwar als spezifischer, nicht als allgemeiner Nervenreiz. Bei letzterem wäre die Schwelle mehrere hundertmal größer als die Druckschwelle. Es müssen also an den Enden des Nerven Vorrichtungen bestehen, welche den schwachen Reiz umwandeln. Genauer gesagt ist der Reiz das Druckgefälle. Drückt eine Spitze auf die Haut, so ist der Druck in der Nähe am stärksten, mehr nach der Tiefe und Seite wird er schwächer; es existiert also ein negatives Druckgefälle. Ähnliches gilt, wenn ein Zug ausgeübt wird. Zug oder Druck ist dafür völlig gleichwertig, es kommt bloß auf die Einbiegung der Haut an.

So erklärt sich, daß der Atmosphärendruck nicht gefühlt wird; er bewirkt wegen seiner Gleichförmigkeit keine Gestaltveränderung der Haut. Ebenso der *Meißner*sche Versuch: Taucht man einen Arm in eine Flüssigkeit, Wasser oder Quecksilber, von der Temperatur des Körpers, so hat man eine Druckempfindung an der Grenzlinie, wo eine Einbiegung der Haut besteht, dagegen nicht an der übrigen Fläche. Wenn man dagegen einen festen Körper berührt, merkt man den Druck über die ganze Berührungsfläche; die Haut schmiegt sich da nicht gleichmäßig an den Gegenstand an, so daß Druckunterschiede entstehen.

Etwas anders ist die Wirkung an den behaarten Stellen der Haut. Sie sind empfindlicher, aber leichter ermüdbar; Streichen mit einem weichen Pinsel, das

an den glatten Druckflächen kaum bemerkt wird, ist hier sehr deutlich. Die eigentliche Leistung der Haare ist wohl die vorübergehende Berührungsempfindung, während für den eigentlichen Drucksinn die unbehaarten Stellen wichtiger sind. Die Haare sind weniger befähigt, über Stärke, Dauer und Umfang des Druckes zu berichten als über dessen Vorhandensein überhaupt. Da das Haar als Hebel wirkt, läßt sich seine Schwelle physikalisch genommen nur als Drehungsmoment ausdrücken: man muß die drehende Kraft multiplizieren mit dem Abstand von der Hautstelle, wo das Haar hineindringt. So fand *v. Frey* die Reizschwelle eines Haares = 3,2 *mgr/mm*.

Für die Größe der Druckwirkung eines mechanischen Reizes auf die unbehaarten Stellen sind von Bedeutung der Ort, die Geschwindigkeit des Reizes, die Größe der drückenden Fläche.

a) Der Ort: Bei Prüfung der Schwelle von Flächen fand *v. Frey*, daß die Schwellen selbst eines einheitlichen Gebietes sehr starke Schwankungen aufweisen, z. B. auf der Fingerbeere zwischen 1 und 6; mit Verkleinerung der Fläche nehmen die Schwankungen zu. Je kleiner die reizende Fläche oder je größer der Abstand der Druckpunkte, desto leichter kann die Fläche auf Lücken geraten und können deshalb besonders hohe Flächenschwellen auftreten. Geht man mit Hilfe der Reizhaare auf die Bestimmung der Punktschwellen über, so finden sich die Mittelwerte in verschiedenen Hautbezirken ähnlich, z. B. auf dem Handgelenk = 1,28 *gr/mm*. Also die Druckpunkte aller Hautflächen besitzen im Mittel merklich dieselbe Empfindlichkeit.

b) Die Geschwindigkeit der Reizeinwirkung. *v. Frey* benützte dafür eine Schwellenwage, die die Geschwindigkeit des Aufsetzens des Gewichtes genau und meßbar zu verändern gestattete. Die Schwelle nimmt dann mit wachsender Schnelligkeit ab. Wächst die Belastung nur sehr langsam an, so tritt die Druckempfindung erst bei großen Gewichten ein. Wenn dagegen die Geschwindigkeit der Gewichtszunahme 5 *gr/sec* übersteigt, macht eine weitere Zunahme wenig Unterschied. Man kann die größeren Reize deshalb Momentanreize nennen.

c) Die Größe der Fläche (*v. Frey*). Ist die Fläche größer, so braucht es ein größeres Gewicht zur Auslösung der Druckempfindung, und zwar bei Momentanreizen proportional zur Flächengröße. Nennt man die Belastung der Flächeneinheit „Druck" (im hydrostatischen Sinn, also meßbar in Atmosphären oder in *gr/qmm*), so kann man sagen: die Schwelle hängt ab vom Druck; diejenigen Reize wirken gleich, welche gleichen Druck bedeuten, was zum Wort Drucksinn gut paßt. Es ist anzunehmen, daß dieselbe Gesetzmäßigkeit auch für höhere Werte als die Schwelle gilt.

Geht man mit der Größe der Fläche hinab bis zu denjenigen Werten, welche die Reizhaare haben, so findet man das Gesetz nicht mehr gültig. Nach Druck gemessen ergeben sich dann abnorm hohe Reizschwellen, z. B. auf der Fingerbeere 3 *gr/qmm*, während die Schwellenwerte doch einen hundertmal kleineren Wert ergeben hatten (28 *mgr/qmm*). Um Reizhaare vergleichen zu können, darf man sie, wie die Versuche lehren, nicht nach Drucken eichen (*gr/qmm*), sondern nach Spannung (Kraft dividiert durch den Halbmesser, *gr/mm*). Zwei Reizhaare von gleicher Spannung wirken gleich. Der Grund liegt, wie man nach-

weisen kann, darin, daß die Druckorgane nicht in der Oberfläche liegen, sondern etwas tiefer. Ein Druck aber, der auf eine sehr kleine Fläche wirkt, nimmt rasch mit der Tiefe ab, weil die Teile nach der Seite ausweichen können, während bei größerer Fläche der Druck unvermindert in die Tiefe dringt.

Die Druckempfindung steigt nach *Arps* (PsSd 4) anfangs (zwischen 13 bis 121 σ) steil an, dann langsamer, um von 380—432 σ sogar wieder zu sinken; dann folgt langsamerer Anstieg und Erreichung des Maximums bei 980 σ.

3. Der zeitliche Verlauf. Das Tastorgan nimmt im Gegensatz zum freien Nerven auch andauernde Reize wahr, allerdings nicht in der Nähe der Schwelle, sondern erst bei größeren Stärken. Nach größerer Belastung wird auch die Entlastung wahrgenommen. Anderseits werden lang drückende Gegenstände schließlich nicht mehr gefühlt, z. B. die Kleider, die Platte der künstlichen Zähne, Brille, Ring; man „gewöhnt sich" daran (Adaptation).

Im allgemeinen wird Entlastung schwächer wahrgenommen als Belastung. Liegt der Druck in der Nähe der Schwelle, so hört die Empfindung kurze Zeit nach der Reizung auf und tritt deshalb nachher keine Empfindung der Entlastung ein. Bei größeren oder länger lastenden Gewichten stellt sich leicht ein Druckbild ein, eine länger bleibende Gestaltveränderung der Haut, welche nachher Fortdauer des Druckes vortäuscht. Das gilt weniger für die eigentlichen Tastflächen, wie die Hand, die reicher an Blutgefäßen ist. Diese Nachempfindung nimmt man leicht an der Stirne wahr, wenn man eine Zeitlang den Hut sehr fest aufdrücken mußte. Man ist nachher öfters im Zweifel, ob man den Hut noch auf dem Kopf hat. *v. Frey* vermutet, daß dieses Druckbild auf einer nachdauernden Umlagerung der Gewebeflüssigkeit beruhe.

Anderseits erholt sich der Drucksinn schnell. Nach *Schwaner* soll an den Fingerspitzen bei Stimmgabeln von 800—1000 Schwingungen noch ein Gefühl des Schwirrens deutlich sein. Indessen ist nach *Lehmann* die schwirrende Empfindung nicht direkt der schwingenden Gabel zuzuschreiben, sondern wohl Eigenschwingungen der Haut, die als schwach gespannte Membran die Gabel von Zeit zu Zeit verläßt, wahrscheinlich 50—70mal in der Sekunde. Denn wenn man tiefere Stimmgabeln die Haut nicht stärker berühren läßt als höhere, besteht kein merklicher Unterschied im Schwirren.

Head beobachtete bei einem durchschnittenen Nerven die Wiederkehr der Empfindungen während der Heilung. Er erschließt daraus das Bestehen eines doppelten Systems von Hautsinnesnerven, eines mehr primitiven „protopathischen" und eines mehr ausgebildeten, des „epikritischen" Systems. Das erstere kehre schon nach sieben Wochen zurück, und zwar unabhängig vom Abstand vom Zentrum, während das epikritische viel längere Zeit braucht, die mit der Entfernung vom Zentrum anwächst. Dem protopathischen System kommen nur gröbere Leistungen zu, Schmerz, der leichte Druck auf den Haaren, Temperaturempfindung bloß auf den Sinnespunkten mit schlechter Lokalisation und einer Indifferenzbreite zwischen 26—37°. Dagegen bringt das epikritische System Druckempfindlichkeit, Wärmeempfindung in den Flächen zwischen den Temperaturpunkten, die selbst ihre alte grobe Empfindlichkeit beibehalten, eine kleine Indifferenzbreite, gute Lokalisation. — *Trotter* und *Davies,* die den Versuch wiederholten, finden, daß auch die Intensität der erhaltenen Temperaturempfindungen schwächer geworden ist, mithin einfach eine Schwächung der Temperaturempfindung vorliegt, nicht ein Gegensatz zweier Systeme. In der Hauptsache war die Heilung für alle gleichzeitig. Ebenso lehnen *Franz, Boring* die Scheidung ab; sie, wie *Goldscheider* und *Alrutz,* leugnen die eigene Tem-

peraturempfindung in den Zwischenflächen der Haut; diese komme nur von den Temperaturpunkten, sei es durch Irradiation oder durch zwischenliegende Punkte, die wegen ihrer Schwäche nicht bei Einzelreizung empfunden werden, sondern erst, wenn sie durch Flächenreizung sich summieren. *Goldscheider* beweist, daß auch die Temperaturpunkte später der Adaptation fähig sind. Ähnlich urteilt *Harvey G. Carr* (PsR 23 [1916]). In der Zeit der Heilung greifen beide Systeme durchaus übereinander; beide sind vom Abstand vom Zentrum abhängig. Alles läßt sich als graduelle Verschiedenheit auffassen. Haar- und Berührungsempfindlichkeit haben beide punktförmige Verteilung. Nie wird Berührung beobachtet, wenn zugleich Haarempfindlichkeit fehlt. Die letztere ist also wohl die Reaktion des gestörten Organs. Bei der Heilung des Temperatursinnes wird die Schwelle allmählich erniedrigt, ebenso beim Schmerz.

§ 4. Die Schmerzempfindungen der Haut.

1. Die Natur des Schmerzsinnes. Die verschiedensten Empfindungen gehen bei sehr großer Stärke in Schmerz über, wie zu große Kälte oder Wärme oder Druck. Es liegt daher die Vermutung nahe, der Schmerz sei nichts anderes als das Unlustgefühl, welches sich an übergroße Empfindungen beliebiger Art anschließt.

Trotzdem betrachtet man heute den Schmerzsinn als eigenen Sinn mit eigenen Endorganen und Nerven, welche nur durch übergroße Reize anderer Sinne in Mitleidenschaft gezogen werden. Einige Gründe: Bisweilen ist noch Berührungsempfindlichkeit vorhanden, aber kein Schmerz mehr möglich (Analgesie ohne Anästhesie). Es scheint nun widersprechend, daß derselbe Nerv seine Empfindlichkeit für schwache Reize bewahrt habe, dagegen für starke Reize, welche Unlust erregen, unempfindlich geworden sei. Schon normal kommt dieses Verhalten vor: einige Teile der Wangenschleimhaut sind für den Schmerz unempfindlich. Auch liegt für den chemischen und elektrischen Reiz die Schmerzschwelle sogar tiefer als die Druckschwelle.

Dazu kam die Entdeckung eigener Schmerzpunkte durch *v. Frey*. Es sind eng umgrenzte, mit den Druckpunkten nicht zusammenfallende Orte stärkster Schmerzempfindlichkeit, die durch mechanische oder elektrische Reize zu erregen sind. Der Schmerz wird dabei nicht durch allgemeine Nervenreize bewirkt, sondern durch so schwache mechanische und thermische Reize, daß keine direkte Erregung der Nerven anzunehmen ist. Ebendafür spricht das Andauern des Schmerzes bei andauerndem Reiz usw. Es sind also an den Enden der Schmerznerven Vorrichtungen anzunehmen, welche diese schwachen Reize in Nervenreize umwandeln.

Die Schmerznerven liegen sehr oberflächlich. Bei schwächster elektrischer Reizung findet man sehr viele Orte mit anhaltender, nicht schwankender Stichempfindung, ohne begleitende Berührungsempfindung, die erst bei stärkerer Reizung eintritt und dann Schwirren gibt. Eindringende lähmende Stoffe unterdrücken nur den oberflächlichen Schmerz, nicht Berührung und Temperaturempfindung, weil die Stoffe beim Tieferdringen zu sehr verdünnt werden.

Daß die Schmerzempfindung mit einer übergroßen beliebigen Empfindung nicht identisch ist, zeigt auch die Tatsache, daß die Temperaturpunkte keinen Schmerz auslösen, selbst auf tiefe Stiche mit Nadeln. *Wohlgemuth* weist auch auf psychologische Beweise hin: Schmerz ist nicht die höchste Unlust. In den Versuchen

werden oft Gefühlstöne anderer gleichzeitiger Empfindungen unangenehmer genannt. Die Schmerzempfindung ist in der Erinnerung ebenso schwach wie die andern Empfindungen, während die Unlust leicht die frühere Intensität wieder zeigt.

2. Die Schmerzqualitäten. Der Schmerz ist eine Art stechender Empfindung, welche schon bei niederer Intensität mit starker Unlust verbunden ist, so daß sie davon den Namen hat. Wenn man diese Gefühlsbetonung möglichst außer acht läßt, so bleibt etwas übrig, was man mit *Ebbinghaus* am besten als Stichempfindung bezeichnen könnte. Diese Empfindung hat einen eigentümlich ziehenden Charakter, sie schwillt langsam an und klingt sehr langsam ab. *Titchener* findet bei Reizung eines Schmerzpunktes erst eine helle juckende Empfindung, dann ein Stechen oder fadenförmiges Einbohren; die beiden ersten können auch angenehm sein, das letzte nicht. Brennender Schmerz ist eine Verbindung mit Hitzeempfindung; klopfender Schmerz erscheint mit dem Puls kommend und gehend. Als wirkliche Schmerzqualitäten betrachtet *Thunberg* die zwei: den stechenden, brennenden, ätzenden, und den dumpfen Schmerz. Oberflächlich auf der Haut einwirkende Reize bewirken immer nur stechenden Schmerz. Drückt man dagegen auf eine in die Höhe gezogene Hautfalte in der Mitte, so daß der Druck auf tiefere Teile wirkt, so erhält man bei schwacher Reizung dumpfen Schmerz. Der Unterschied beruht nicht etwa auf der verschiedenen Art der Reizung. *Alrutz*: Derselbe Reiz kann verschiedene Schmerzqualitäten hervorrufen und verschiedene Reize unter Umständen dieselbe Schmerzqualität. *Thunberg* nimmt deshalb zwei Arten von Schmerznerven mit verschiedener Tiefenlagerung an. *Becher* (1915) findet den oberflächlichen Schmerz auf der ganzen äußeren Haut von gleicher Qualität; dagegen entdeckt er etwas ganz neues im Ohr, das sich vom hellen wie dumpfen Schmerz erheblich unterscheidet und bei allen Reizverschiedenheiten bestehen bleibt. Ebenso erschien der Schmerz an den Zähnen eigenartig, am freiliegenden Dentin, der aus zeitlichen und räumlichen Verhältnissen nicht zu erklären war.

Die schwächsten Stichempfindungen sind ohne Unlust, so die stechende Komponente von Geruch und Geschmack (Senf, Pfeffer, Kohlensäure). Trotzdem sind es nicht Druckempfindungen, da sie auch durch schwache thermische und elektrische Reizung zu erhalten sind und bei höherer Intensität in die gewohnten Schmerzempfindungen übergehen. Daß die Schmerzempfindungen im allgemeinen schon bei niederer Intensität unangenehm sind, ist zweckmässig. Ihr Zweck ist Schutz des Körpers gegen solche Reize, die seine Gesundheit bedrohen.

3. Die Reize des Schmerzsinnes. a) Mechanische Reizung. Das Spezifische für diesen Sinn scheint eine Reizung mit möglichst kleinen Flächen, d. h. mit Spitzen. In diesem Fall kann die Schmerzschwelle tiefer liegen als die Druckschwelle. Deshalb ist die Berührung scharfkantiger Gegenstände leicht schmerzhaft. Reizt man dagegen mit größeren Flächen (3—12 *qmm*), so ist die Schmerzschwelle 1000mal höher als die Druckschwelle. Das ist freilich nach den Orten sehr verschieden. Auf der Hornhaut des Auges führt sogar das Aufsetzen der Reizhaare Schmerz herbei, an manchen Stellen der Mundhöhle dagegen nicht einmal der größte Druck.

v. Frey fand, daß die Reizhaare dann für Schmerzpunkte gleichwertig sind, wenn sie gleichen Druck ausüben; beim Drucksinn dagegen mußte die Spannung gleich sein. Schon daraus folgt, daß die Schmerzpunkte oberflächlicher liegen als die Druckpunkte.

b) Thermische Reize. Extreme Temperaturen bewirken Wärme oder Kälteschmerz.

c) Elektrische Reize. Während ein einziger Induktionsschlag oft keinen Schmerz gibt, liefert eine Reihe solcher Schläge leicht intensiven Schmerz. Nach *Möhrke* ist der Schmerz bei oszillierendem Strom dumpf, bei konstantem Strom hell; zugleich wird Druck erregt, was ein Schwirren gibt. Der anfangs sehr starke Schmerz nimmt bei längerer Dauer allmählich ab und kann in 10′ verschwunden sein. In der ersten Minute wird die Schmerzschwelle um 30—45 % erhöht. In der Ruhe kehrt dann nach 12—25′ die normale Schmerzschwelle wieder.

d) Chemische Reizung, z. B. durch Brennesseln.

4. Der zeitliche Verlauf der Schmerzempfindung. Bei den Hautempfindungen besteht die Reihenfolge, daß zuerst Druck bemerkt wird, später Kälte, dann Wärme, zuletzt, und zwar häufig sehr viel später, Schmerz. Der Schmerz hat ein größeres Latenzstadium. Das erweist sich schon der unmittelbaren Beobachtung. Stößt man mit einer empfindlichen Zehe gegen einen Stein, so tritt der Schmerz regelmäßig später ein als der Druck. Ebenso fühlt man beim Eintauchen der Hand in heißes Wasser zuerst Wärme, dann Schmerz. In pathologischen Fällen sind diese Verhältnisse noch gesteigert. So war in einem Fall die Berührung im Mittel nach 0,34 Sek. da, der Schmerz nach mehr als 2 Sek., schwoll noch weiter an und erreichte eine erhebliche Heftigkeit (*Goldscheider*).

Auch experimentell kann man oft beim momentanen Eindruck eines Stecknadelkopfes in die Haut Druck und Schmerzempfindung zeitlich voneinander trennen. Dann handelt es sich, wie *v. Frey* nachwies, um die Reaktion eines benachbarten Druck- und Schmerzpunktes gegenüber demselben Reiz. Die verschiedene Reaktion von Druck und Schmerz zeigt sich auch im weiteren Verlauf. Die Druckempfindung setzt sofort ein und läßt dann bald nach. Die Schmerzempfindung setzt verspätet ein, gewinnt allmählich einen Höchstwert und verschwindet langsam. Oszillierende Reize verschmelzen beim Schmerzpunkt zu einer gleichmäßig andauernden Wirkung, während die Druckempfindung sie unterscheidet. Der Stichschmerz kann als positives Nachbild 10 Sek. und länger nachdauern, der Schmerz zeigt keine Adaptation. Man kann freilich bleibenden Schmerz durch Ablenkung der Aufmerksamkeit vernachlässigen.

5. Die Theorie des Schmerzsinnes: Nach *Braun* sind osmotische Druckänderungen in den Geweben das Entscheidende. Veränderte er die Konzentration der Lösung der Gewebe, so entstand heftiger Schmerz und nachher Empfindungslosigkeit. Bei den elektrischen Versuchen vermutet *Möhrke*, daß sich osmotische Spannungsverschiedenheiten bilden mit folgender Lähmung der Schmerzorgane, die so lange nachdauert, bis die normale Konzentration in den Geweben wiederhergestellt ist.

Fünftes Kapitel.

Die kinästhetischen und statischen Empfindungen.

Literatur. *Goldscheider,* Physiologie des Muskelsinns, 1898. — *Nagel,* Die Lage-, Bewegungs- und Widerstandsempfindungen, in Nagels Handbuch III (1905). — *Müller* und *Schumann,* Über die psychologischen Grundlagen der Vergleichungen gehobener Gewichte, in Pflügers Archiv Bd 45. — *Woodworth,* Le mouvement; aus dem Englischen, 1903. — *Bourdon,* La perception des mouvements de nos membres, in AnPs 18 (1912) 33 ff. — *D. Katz,* Zur Psychologie des Amputierten und seiner Prothese, in ZAngPs, Beiheft 25 (1921).

§ 1. Die kinästhetischen Empfindungen.

Es handelt sich in diesem Kapitel um jene Empfindungen, welche uns besonders die Lage und Bewegung des Körpers und seiner Teile gegeneinander berichten. Sie scheiden sich in zwei Gruppen: die kinästhetischen Empfindungen und die später zu behandelnden statischen. Erstere gehen auf die relative Lage und Bewegung der Glieder gegeneinander, letztere auf die Lage und Bewegung des Kopfes oder Körpers als Ganzen im umgebenden Raum.

Neben der Lage und Bewegung der Glieder gegeneinander kommen in Frage die Schwere- und Widerstandsempfindungen beim Halten eines Gewichtes, beim Stoßen gegen ein Hindernis. Diese Empfindungen wurden früher häufig Muskelempfindungen genannt, weil man sie für eine Leistung der Muskelnerven ansah. Besser bezeichnet man sie entweder einzeln nach ihrem Zweck (Lageempfindungen usw.) oder nach dem Vorschlage *Bastians* zusammenfassend als kinästhetische Empfindungen.

1. Die Lageempfindungen.

Wir haben ohne hinzusehen ein ziemlich gutes Urteil über die Lage unserer Glieder gegeneinander; wir wissen, wie der Arm liegt, ob die Finger gespreizt sind usw. Am klarsten ist das bei den Gliedern mit Gelenken, viel schwächer bei der Zunge, gar nicht beim Kehlkopf, den wir doch bei Bildung der Sprachlaute so fein und sicher zu bewegen wissen. Die Genauigkeit der Lageempfindungen ist bei denjenigen Gliedern größer, welche wir sonst sehen können.

Die Lageempfindung wird bei längerer Ruhe sehr ungenau. Unmittelbar nach dem Erwachen hat man zunächst keine klare Vorstellung über die Lage der Glieder, solange man sich ganz ruhig hält; wird ein Glied von außen berührt oder aktiv auch nur ganz schwach bewegt, so wird die Vorstellung sofort genauer.

Die Lageempfindung ist ferner dort am ausgeprägtesten, wo der Ortssinn am feinsten ist und gleichzeitig die Lageverschiedenheiten durch möglichst viele sinnliche Merkmale ausgezeichnet sind. Das ist am günstigsten beim Finger, der deshalb das eigentliche Tastorgan ist. Die Zunge ist zwar noch ortsempfindlicher, aber sie hat eine äußerst stumpfe Lageempfindung, die fast ganz auf der erkannten Lage eines von ihr berührten Punktes im Munde beruht. Deshalb können wir durch Betasten mit der Zunge keine klare Vorstellung eines Objektes gewinnen, dagegen sehr gut mit den Fingern.

In einem Fall von *Strümpell* fehlte pathologisch die Lageempfindung. Der Arm konnte zwar noch bewegt werden; aber bei geschlossenen Augen wußte der Kranke nicht, ob der Arm gestreckt oder gebeugt war. Er nahm

die sonderbarsten Stellungen, die man den Gliedern gab, nicht mehr wahr, auch bei den unbequemsten Lagen. Der willkürlich gestreckte Arm ging allmählich von selbst in eine gekrümmte Lage über, ohne daß er es merkte.

Man muß hier immer die eigentliche qualitative Empfindung und die vorgestellte räumliche Figur der Glieder auseinander halten. Die Empfindungsqualität macht subjektiv den Eindruck einer Tastempfindung. Aber dieses qualitative Gewand wird so gut wie gar nicht beachtet, sondern allein die Lagefigur. Für jede verschiedene Lage besteht eine Summe von verschiedenen Empfindungen. Da die Lage gleichzeitig durch das Gesicht wahrgenommen wird, bildet sich eine feste Assoziation und taucht deshalb später bei dieser Summe von Empfindungen das zugehörige visuelle Lagebild auf. Übrigens ist nicht notwendig anzunehmen, daß wir die einzelnen Empfindungen oder ihre Summen klar bewußt unterscheiden; es könnte sich auch um unbewußt bleibende Nervenerregungen handeln, welche aus der betreffenden Lagenkombination verursacht werden, und an die als Ganzes die visuelle Abstandsvorstellung geknüpft ist. (Darüber genauer bei der Tastraumwahrnehmung.)

2. Die Bewegungsempfindungen.

Die passive Bewegungsempfindung (wenn etwa der Arm von einem andern bewegt wird) zeigt sich bei näherer Prüfung als eigenartige Empfindung, die etwa im Gelenk lokalisiert wird. Bei aktiver Bewegung kommt dazu ein dumpf ziehendes und spannendes Gefühl, etwa im Finger. Für das Leben erscheint uns wie bei der Lage nicht diese Empfindung als das Interessanteste, sondern die sich daran schließende räumliche Vorstellung der Bewegung des Gliedes.

Die Genauigkeit, mit der wir Bewegungen merken, wird von *Goldscheider* in den Schwellenwerten angegeben; z. B. im Schultergelenk 0,3—0,6°, Fingergelenk 0,7—1,8°, Kniegelenk 0,5—1,0° usw. Für aktive Bewegungen sind die Werte noch ein klein wenig niedriger. Die angegebenen Werte gelten bei höchster Geschwindigkeit, welche sich ohne Erschütterung durchführen läßt; bei geringerer Geschwindigkeit würden sie etwas höher werden. Diese Schwellen benutzen den Drucksinn mit; wenn man ihn durch Anästhesierung ausschließt, werden nach *v. Frey* die Schwellen 5—6 mal größer. Unvergleichbar kleinere Werte gibt neuestens *Störring* an (ArGsPs 25, 177 ff.): Für passive horizontale Bewegung des Armes ging die Schwelle bisweilen bis $^1/_{200}{}^0$ hinab, wobei die Versuchsperson den Eindruck hatte, daß sich bloß die Hand bewege. Erst bei 15mal grösserer Bewegung war der Eindruck der Bewegung des Armes da. — Indessen, wenn eine Druckempfindung als Bewegung der Hand gedeutet wird, kann man nicht sagen, die Drehung des Armes sei bemerkt worden: also muß die Schwelle der Armbewegung mindestens auf das 15fache erhöht werden, was den eher vergleichbaren Wert von $^1/_{13}{}^0$ ergäbe.

Das Verhältnis zwischen Lage- und Bewegungsempfindung kann man sich in verschiedener Weise denken (*Müller* und *Schumann*): Es könnte die Bewegungsvorstellung in der Aufeinanderfolge der einzelnen Lagevorstellungen bestehen, so daß die Lagevorstellungen mit gleicher Intensität und Qualität wie sonst nacheinander bewußt würden. Oder es könnte sein, daß sich mit dem Gesamtkomplex der Lagevorstellungen gleich die Bewegungsvorstellung verbände. Oder endlich die Gliedbewegung könnte bei gewisser Geschwindigkeit einen spezifischen Reiz ausüben, der ohne bewußtes Mittelglied zur Bewegungsvorstellung führte. Das letzte nimmt *Goldscheider* für die Bewegungsempfindung an.

Seine Gründe dafür sind: Die Bewegungsempfindung ist um so deutlicher, je größer die Geschwindigkeit, was ihrer Ableitung aus Lageempfindungen hinderlich

wäre. — Es werden kleine Verschiebungen als Bewegungen erkannt, wo die Grenzlagen nicht wohl unterschieden werden konnten, wo man z. B. nicht weiß, in welcher Richtung die Bewegung verlief. — Durch den elektrischen Strom kann die Lageempfindung des Fingers aufgehoben werden, während die Bewegungsempfindung noch vorhanden, ja kaum herabgesetzt ist. —

Das Fehlen der Bewegungsempfindungen macht die Ataxie aus. Sie zeigt sich darin, daß die gewollten Bewegungen nur noch unvollkommen gelingen: die Bewegung ist schleudernd, geht am Ziel vorbei, ist größer und schneller als normal, besonders bei geschlossenen Augen. Man erklärt das so, daß zwar noch die Muskeln der Hauptsache nach richtig innerviert werden, aber die feinere Regulation derselben ausfällt. Diese Regulation besteht eben darin, daß während der Bewegung beständig die Meldungen vom Erfolg nach dem Zentrum gelangen und dementsprechend die Innervation der einzelnen Muskeln passend verändert wird. Da in der Ataxie die Empfindlichkeit für ausgeführte Bewegungen herabgesetzt ist, müssen die Bewegungen selbst größer gemacht werden, damit das Bewußtsein der gewohnten Bewegung entsteht, d. h. die Bewegung wird ataktisch.

Goldscheider ahmte die Ataxie experimentell nach, indem er durch elektrische Durchströmung die Bewegungsempfindlichkeit herabsetzte. Eine Bewegung des Fingers wurde dann ataktisch, obwohl der subjektive Eindruck einer vollkommenen und gleichmäßigen Bewegung blieb. Beim ataktischen Gang handelt es sich hauptsächlich um Herabsetzung der Bewegungsempfindung im Knie- und Hüftgelenk, wie *Leyden* bewies; ferner auch um Herabsetzung des Spannungsgefühls in den Sehnen, wodurch die Zügelung der Bewegung vermindert wird. Da das Hüftgelenk in mehreren Richtungen Bewegungen gestattet, gesellen sich dazu Richtungsabweichungen. Die Erscheinungen werden noch dadurch verschlimmert, daß es sich um Bewegungen handelt, die nicht beliebig langsam ausgeführt werden können, weshalb die Mithilfe des Gesichtssinnes hier wenig nützt.

Der Einfluß der kinästhetischen Empfindungen betrifft weniger den Anfang der Bewegung als ihre Anpassung an den Erfolg. Wir können willkürlich ohne Hilfe der Empfindung auch komplizierte, hinlänglich eingeübte Muskelkombinationen innervieren; so trifft der Sänger durch willkürliche Innervation die Abstufungen der Töne. Wie das mit Hilfe der Bewegungsvorstellungen geschieht, und welcher Art diese sind, ist später bei Behandlung der Bewegung zu erklären. Aber nach dieser ersten Bewegung, welche auf die Bewegungsvorstellung hin die richtigen Impulse ausgelöst hat, kommt nun normal die Bewegungsempfindung, die uns meldet, ob der Erfolg der Vorstellung entspricht. Sehr stark kommt das in Betracht, wenn es sich um äußern Widerstand handelt, dessen Empfindung deshalb nötig ist. Übrigens können diese zentripetalen Meldungen auch unbewußt bleiben und sind es zum großen Teil, indem sie reflexartig die richtigen Bewegungsantriebe auslösen.

Fehlen die kinästhetischen Empfindungen, so wird die Bewegung bald durcheinander geraten, wenn nicht optische Empfindungen an die Stelle treten. So konnte im Fall *Strümpell* der Kranke einzelne Finger bei geschlossenen Augen nicht bewegen, es mischten sich sofort andere Bewegungen ein. Bei offenen Augen dagegen zeigte er keine Störungen. Im Fall *Bell* konnte die anästhetische Frau nur so lang ihr Kind sicher auf den Armen halten, als sie hinsah.

3. Die Widerstands- und Schwereempfindung.

Beim Drücken auf einen nachgiebigen elastischen Ball hat man neben der Druckempfindung an der Hautoberfläche und der Bewegungsempfindung

des nachgiebigen Materials noch eine Widerstandsempfindung, beim Drücken auf unnachgiebiges Metall nur Druck- und Widerstandsempfindung. Man könnte versucht sein, die Widerstandsempfindung als bloße Verschmelzung von Druck der Haut und Bewegung aufzufassen; wenn bei starkem Druck die Bewegung ausbleibe, habe man Widerstand. Aber schon die Selbstbeobachtung zeigt, daß die Widerstandsempfindung nicht bloß an der drückenden Hautstelle wahrgenommen wird, sondern weiter im Glied aufwärts, in den Gelenken. Dazu kommt, daß die Widerstandsempfindung bleibt, wenn die Haut anästhetisch wird (*Nagel*).

Die paradoxe Widerstandsempfindung (*Goldscheider*): Hält man an einem Faden ein nicht zu leichtes Gewicht und macht damit eine schnelle Abwärtsbewegung, so hat man im Augenblick des Auftreffens des Gewichtes auf den Boden die Empfindung eines Widerstandes. Es ist, als ob man mit einem Stock aufstieße. Setzt man die Abwärtsbewegung weiter fort, so hat man die Empfindung, als ob man eine Federkraft zu überwinden habe. Die Erklärung ist nach *Goldscheider:* Während des langsamen Senkens des Objektes halten sich das nach unten ziehende Gewicht und eine entsprechend große Muskelspannung, die nach oben zieht, das Gleichgewicht; daneben geht eine schwache Abwärtsbewegung der Finger. Im Moment der Entlastung erwächst dem senkenden Muskel durch diese nach oben ziehende Muskelspannung plötzlich ein Widerstand, daher der Stoß; der Muskel ist nicht imstande, weiter zu senken, die Finger stehen still, genau wie bei einem äußeren Widerstand. — Ein ähnlicher Fall ist ja auch: Wird ein belasteter Finger, der in Ruhe gehalten wurde, plötzlich entlastet, so wirkt die Federkraft des Muskels ähnlich wie ein von unten her erteilter Stoß.

Auch bei der Widerstandsempfindung besteht der Unterschied zwischen der Vorstellung, welche sich an die ursprüngliche Empfindung anknüpft, und dieser Empfindung selbst.

Die Schwereempfindung faßt man gewöhnlich als besondern Fall der Widerstandsempfindung, indem bei ersterer die Aufmerksamkeit mehr auf das lastende äußere Gewicht gerichtet sei. *Goldscheider* sieht hier einen qualitativen Unterschied. Wenn die Hand in gewöhnlicher Weise ein Gewicht hebt, spricht er von Widerstandsempfindung. Wenn man dagegen an den Oberarm eine Schiene bindet, die das Gewicht trägt, so daß die mehr peripheren Glieder nicht beim Heben beteiligt sind (beim eingliedrigen Heben), wird das Gewicht nicht mehr nach außen verlegt, sondern in die eigenen Gliedmaßen; dann erscheint die Bewegung selbst als erschwert, was er Schwereempfindung nennt. — Indessen ist das kein Unterschied der Empfindung, sondern der Wahrnehmung. Auch entspricht dem gewöhnlichen Sprachgebrauch sicher die umgekehrte Zuordnung besser, nämlich von Widerstand zu reden bei Erschwerung der Voranbewegung eines Gliedes, von Schwere bei einem Zug durch ein äußeres Objekt.

Auf der Vereinigung von kinästhetischen und Hautempfindungen beruhen manche Empfindungskomplexe. So sind glatt und rauh Unterschiede von stetiger oder unterbrochener Bewegung und Reizung der Druckpunkte. Klebrig ist eine Mischung von kalt und weich, das zum Widerstand gehört; ölig eine solche von glatt und Widerstand (*Titchener*).

4. Die Schätzung der Gewichtsgröße.

Die Gewichtsvergleichung kann in sehr verschiedener Weise ausgeführt werden und damit verschiedene Sinne in Anspruch nehmen. Werden die Gewichte bloß auf die unterstützte Handfläche aufgelegt, so hat man eine

Vergleichung durch den Drucksinn, die wenig genaue Resultate gibt. Hält man die Gewichte ruhig am hängenden Arm, so ist der Schweresinn in Tätigkeit. Hebt man die Gewichte aktiv, so kommt je nach der Schnelligkeit mehr die Bewegungsempfindung oder die Schwereempfindung in Betracht. *Woodworth*: Die Empfindlichkeit ist größer, wenn man mit derselben Hand hebt, als wenn mit verschiedenen Händen; dagegen kleiner, wenn man die Objekte stark mit der Hand preßt (wegen der starken gleichzeitigen Empfindung). Gewichte können auch recht genau verglichen werden, wenn man die Muskeln nicht durch den Willen, sondern durch die Elektrizität zum Heben erregt. Die Gewichtsempfindung kann pathologisch ausfallen, während die der Lage bleibt. Für genaue Angaben ist die recht verschiedene Art des Hebens ausschlaggebend.

Nach *G. E. Müller* urteilt man bei ruckweisem Heben nach der Bewegungsempfindung. Wir geben den beiden Gewichten, die ungefähr gleich aussehen, etwa gleich starke motorische Impulse. Das objektiv leichtere Gewicht wird dann schneller in die Höhe steigen als das andere. Nach einer allgemeinen Erfahrung halten wir nun das für schwerer, was langsamer in die Höhe steigt: die „*Müller-Schumann*sche Theorie“. — Aus der Begründung der Theorie genüge anzuführen: Oft konnte der unbeteiligte Zuschauer die Geschwindigkeitsdifferenz objektiv wahrnehmen und so das zukünftige Urteil vorher richtig erraten. So erklärt sich leicht, wie nachher auszuführen, die Täuschung, daß von gleich schweren Gewichten dasjenige für kleiner erklärt wird, das ein größeres Volumen hat. — Ferner: *Jacobi* bestimmte graphisch den Eintritt der Bewegung, wenn die Versuchsperson die zu vergleichenden Gewichte gleichzeitig hob; dasjenige Gewicht erschien dann schwerer, dessen Bewegungseintritt verzögert war; war die Verzögerung kleiner als ein gewisser Schwellenwert, so erschienen die Gewichte gleich; je deutlicher die Verzögerung, desto deutlicher die Wahrnehmung des Unterschiedes. — Auch Selbstbeobachtungen von Versuchspersonen bestätigen das. — Die *Müller*sche Theorie wurde durch die späteren Untersuchungen nicht widerlegt. Es wurde nur gezeigt, daß dieses Verfahren nicht das einzig mögliche und nicht das leistungsfähigste ist (*Ebbinghaus-Bühler*).

Benussi (ArGsPs 17 [1910] 1 ff.), der Hebungen mit verschiedener Schnelligkeit, aber nicht ruckweise ausführen ließ, fand, daß der Gewichtseindruck während der Hebung schwankt, Hebung und Senkung verschiedene Eindrücke geben können, und für das Urteil gewöhnlich der Schluß der ersten und der Anfang der zweiten Hebung benutzt wird, obwohl auch typische Abweichungen vorkommen. Das Entscheidende ist nach *Benussi* der Hubeffekt, d. h. das Gewicht mal Höhe dividiert durch Zeit (G·H:Z); dem größeren Effekt ist der Eindruck der größeren Schwere zugeordnet.

Truschel (ArGsPs 28, 138 ff.) untersuchte die Kraftempfindung bei Federspannung und Gewichtshebung bei sehr kleiner Bewegung. Die meisten Beobachter bezeichneten die Spannung oder Kraftempfindung als das Kriterium für ihr Urteil: bei großen Gewichten trat besonders die Muskelempfindung stärker hervor. Auch objektiv bestätigte sich das.

v. Frey findet in den Kraftempfindungen der Muskeln das genauere Urteil. Legt man den Arm auf den Tisch, hängt bügelförmige Gewichte daran und hebt sie, so wird das Gewicht nicht nach seiner absoluten Größe, sondern nach dem Drehmoment (Gewicht mal Hebelarm) geschätzt, also nach der Kraft, mit der man das Gewicht zu drehen sucht. Diese Kraftempfindungen beruhen auf der Spannung der zugehörigen Muskeln. Da kann noch $^1/_{100}$ unterscheidbar sein. Die nutzbare

Unterscheidung kommt der wahren um so näher, je geringer Masse und Länge des benutzten Gliedes. Deshalb kam *Truschel* bei peripheren Gliedabschnitten bis zum Wert von $^1/_{80}$. Das feinste Vergleichungsverfahren besteht bei kleinen Gewichten darin, den auf der flachen Hand gehaltenen Gegenstand wiegend und schleudernd auf und ab zu bewegen. Am tiefsten Punkt der Bahn wird er ruckartig aufgehalten. Die momentanen Kontraktionen der Beugemuskeln sind da maßgebend. Mit dem Schleuderverfahren konnte der Unterschied von 800 und 804, also $^1/_{200}$ noch in den meisten Fällen richtig angegeben werden. Somit steht der Kraftsinn in der Unterschiedsempfindlichkeit an der Spitze aller Sinne.

Die Unterscheidung *v. Freys* zwischen der nutzbaren Unterschiedsempfindlichkeit des Armes, die man unmittelbar beobachtet, und der wahren, die sich unter Berücksichtigung des Eigengewichtes des Armes berechnen läßt, prüfte *Katz* bei Amputierten nach. Die relative Unterschiedsempfindlichkeit war dann beim Armstumpf etwas feiner als beim andern unbeschädigten Arm, aber nicht im Verhältnis zur Verschiedenheit des Gewichtes. Das Mehrgewicht des unbeschädigten Armes war fast wirkungslos. Nach der *Müller-Schumann*schen Theorie kann man das so erklären, daß der Amputierte schon gelernt hat, welch verschiedene Impulse er den Gewichten erteilen muß. Es wurde deshalb ein Amputierter geprüft, der sein künstliches Glied beständig gebraucht. Da war zu erwarten, daß die Gewichte, die er mit beiden Armen als gleich einstellt, auch wirklich gleich sein werden, was sich bestätigte. Ferner aber auch, daß wenn man nun das künstliche Glied entfernt und mit dem Stumpf heben läßt, nun der Gewichtsverlust sich daran stark zeigen wird. Auch das trat wirklich ein; dem vom Stumpf gehobenen Gewicht von 1100 *g* entsprach als gleich erscheinend ein solches von 700 *g* am unbeschädigten Arm. Diese Differenz von 400 *g* paßt gut zum Gewichtsunterschied von 500 *g* beim fehlenden Glied.

§ 2. Das Organ der kinästhetischen Empfindungen.

1. Als Organe der kinästhetischen Empfindungen wurden der Reihe nach verschiedene genannt: die Tastempfindungen der Haut, die Empfindungen von Muskeln, Sehnen, Gelenken usw. Ihnen allen kommt eine gewisse Bedeutung zu, und die Frage ist heute viel mehr, in welchem Grad die einzelnen mitwirken.

Für die Mitwirkung der Hautempfindungen, welche die älteren Erklärungen bevorzugen, kann man vorbringen: Bei verschiedener Lage und Bewegung der Glieder treten verschiedene Dehnungen der Haut auf. Durch Berührung der Haut wird die Formvorstellung des ruhenden Gliedes wesentlich vollkommener. Bei Bewegung kommen dazu neue Empfindungen in den Falten der Haut, durch Reibung an andern Hautflächen oder an Kleidungsstücken. So erkennt man die Bewegungen der Zunge durch die berührten Stellen im Munde. Ein verschieden schweres Gewicht bringt gewöhnlich auch verschieden starke Druck- und Schmerzempfindungen der Oberhaut hervor. *Bourdon:* Man merkt leicht, wenn jemand, der seine Finger auf meine Hand legt, sie verschiebt, mag es noch so wenig sein. Hält man den Arm eines andern unter dem Handgelenk fest und läßt ihn eine Bewegung mit der Hand machen, so fühlt man diese sofort mit der Hautempfindlichkeit der umfassenden Hand. Das beweist, wie man auch durch eine entfernte Hautstelle über die Bewegung eines Gliedes unterrichtet werden kann. Daß die Hautempfindung aber nicht das einzige Mittel ist, sieht man bei ihrer Ausschaltung. *Goldscheider* ließ durch den Finger einen Strom durchfließen, so daß die Hautempfindlichkeit ganz erloschen war und der Finger wie ein fremdes Glied erschien; trotzdem wurde die Bewegung gut gefühlt. Ebenso zeigte sich die Widerstandsempfindung nicht

wesentlich beeinträchtigt, wenn man die Sonde mit großem Druck zwischen den Fingern hielt, so daß der Druck gegen den Gegenstand den Fingerdruck nicht bedeutend steigern konnte.

2. Lange betrachtete man als das eigentliche Organ den Muskel, woher der noch heute gebräuchliche Name Muskelsinn stammt (seit *Bell*, *E. H. Weber* u. a.). Man dachte sich die Sache so: Bei jeder Lageveränderung, Bewegung, Gewichtshebung werden verschiedene Muskeln gespannt. Da nun in den Muskeln Sinnesnerven vorkommen, so liegt nahe, daß sich diese Meldungen aus den einzelnen Teilen zur Wahrnehmung der Lage usw. vereinigen.

Auch hier trat eine Reaktion ein, die die Rolle des Muskels möglichst herabdrückte und ihm fast nur die schmerzhaften Empfindungen des Krampfes und der Ermüdung überließ. *Leyden* brachte Fälle, wo bei Verlust der Muskelempfindung, ja selbst wenn die Muskeln degeneriert waren, das Bewußtsein der Lage der Glieder und die Gewichtsunterscheidung weiter bestand. Ähnlich *Duchenne.* — Passive Bewegungen werden ungefähr gleich genau wie die aktiven erkannt. Bei ersteren werden aber die Muskeln überhaupt nicht zusammengezogen. Also muß bei allen Bewegungen, aktiven wie passiven, eine andere Quelle der Bewegungsempfindung beteiligt sein. — Das Entscheidende ist: Es besteht nicht, wie vorausgesetzt wurde, ein eindeutiger Zusammenhang zwischen einer bestimmten Lage des Gliedes und einer bestimmten Reizung derselben sensorischen Muskelnerven, so daß sich zwischen beiden eine Assoziation entwickeln könnte. Denn die Stärke der Muskelerregung hängt nicht bloß von der Lage des Gliedes ab, sondern auch von dem Widerstand, gegen den diese Lage aufrecht erhalten wird. Man kann dieselbe Lage eines Gliedes haben bei krampfhafter Innervation sämtlicher Muskeln oder bei schlaffer Haltung.

Gibt es mithin kinästhetische Empfindungen ohne Muskelbeteiligung, so wird doch wieder die mitbestimmende, bisweilen sogar ausschlaggebende Rolle der Muskelempfindungen bei vielen Leistungen mehr anerkannt. Die Beteiligung der Spannungs- und Kraftempfindungen bei Gewichtsschätzung haben wir schon nach *Truschel* und *v. Frey* kennen gelernt. Als ihr Organ bezeichnet letzterer die Muskeln, ihre Sehnen und Faszien. Eine Bestätigung bringen die Versuche von *Katz* an Amputierten. Bei ihnen kann man Gewichte ohne Vermittlung von Gelenken durch die Muskeln allein heben lassen. Da ergab sich: Der Muskel am Stumpf hat eine ebenso feine oder noch etwas feinere Unterschiedsempfindlichkeit als die andere unbeschädigte Hand. Danach nimmt *Katz* auch für den unbeschädigten Arm den Sitz der Gewichtsempfindung als denselben an, nicht die Gelenke, sondern die Muskeln und ihre Sehnen. Auch dann, wenn man nicht den Muskel das Gewicht aktiv heben läßt, sondern er vom Gewicht passiv ausgedehnt wird, ist die Verschiedenheit in der Unterschiedsempfindlichkeit nicht erheblich. Kleine Gewichte wurden sogar bei passivem Anhängen leichter erkannt als bei aktivem Heben, weil im letzteren Fall die Empfindungen durch anderes übertäubt werden. Für den allein hebenden Muskel erschien das Gewicht wesentlich leichter (um das 2—7fache) als an der andern Hand (wegen der Verschiedenheit des Hebelarms). Das Anstrengungsgefühl bestimmt die Gewichtsvergleichung nicht. Bei 9 *kg* war die Anstrengung für den Muskel des Stumpfes die denkbar größte; trotzdem erschien dieses Gewicht einem Gewicht von 3 *kg* am unbeschädigten Arm gleich, an dem die Anstrengung sehr gering war.

3. Eine andere Erklärung führte die kinästhetischen Empfindungen auf Innervationsempfindungen zurück. Der Wille, eine Bewegung auszuführen, veranlaßt einen bestimmten motorischen Impuls, der in die Muskeln

gesendet wird. Wenn dieser Impuls selbst zum Bewußtsein käme, so wüßten wir auch die durch ihn verursachte Bewegung, Lage usw.

Doch sind die für die Innervationsempfindungen vorgebrachten Gründe nicht stichhaltig. Beispielsweise wurde genannt: Ein Kranker, der versucht, sein gelähmtes Bein zu bewegen, hat die Empfindung einer Kraftanstrengung, obwohl peripher nichts geschieht, also durch das Bewußtsein seiner Innervation. Ähnlich ist es bei Augenmuskellähmungen (*Helmholtz*); da hat der Wille zur Augendrehung außerhalb des Nervensystems keinen Erfolg. — Indessen die gefühlte Bewegung kann recht wohl in andern Muskeln geschehen, in der gesunden Faust statt der gelähmten, durch Spannung der Gesichtsmuskeln. Insbesondere wird statt des gelähmten Auges sicher das gesunde bewegt.

Es gibt aber sogar Tatsachen, die die Innervationsempfindungen ausschließen. a) Häufig kommt es vor, daß Kranke noch Bewegungen richtig ausführen können, folglich sie innervieren, aber keine Ahnung davon haben, ob ihre Absicht von Erfolg begleitet ist. Ein Patient, den *Landry* (1855) behandelte, kannte weder bei aktiver noch bei passiver Bewegung die Lage seiner Glieder, wenn er nicht hinsah; alles schien ihm dann ohne Gewicht. Kranke führten Bewegungen richtig aus, ohne etwas davon zu wissen. Gäbe es Innervationsempfindungen, so müßten diese Kranken klare Bewegungsempfindungen haben.

b) Die Gewichtstäuschung nach dem Anblick (die *Charpentier* entdeckte). Läßt man drei gleich schwere Gewichte, die aber verschiedenes Volumen haben, während man sie zugleich ansieht, heben, so scheint regelmäßig das mit kleinstem Volumen das schwerste zu sein. Nach *G. E. Müller* hebt man eben die ungleich aussehenden Gewichte mit entsprechend verschiedenem Impuls, das größer aussehende also mit stärkerem. Infolgedessen fliegt das letztere schneller in die Höhe und erscheint mithin leichter. Wüßten wir etwas von der Größe des gegebenen Impulses, so müßten wir diese Verschiedenheit in Rechnung bringen. Nach *Seashore* wächst die Täuschung mit der Klarheit des Gesichtsbildes. Nach *Dreßlar* ist sie bei Erwachsenen größer als bei Kindern; auch wächst sie mit der Intelligenz der Kinder. Sie kommt auch bei Blinden vor, die die Verschiedenheit des Volumens fühlen, aber erst in höherem Alter. Das weist alles auf den Einfluß der wachsenden Erfahrung. Nach *Wolfe* ist die Täuschung individuell äußerst verschieden. Die gleich erscheinenden Gewichte verhielten sich bisweilen wie 1:3 oder noch stärker verschieden. Eine ähnliche Täuschung tritt ein, wenn das Volumen gleich, aber die spezifische Natur des Materials (Holz, Metall) verschiedenes Gewicht erwarten läßt (vgl. *James*, Principles, chap. 23, ebenso *Müller* und *Schumann*).

4. In neuerer Zeit werden besonders die Gelenke als die wesentlichste Grundlage der Lage- und passiven Bewegungsempfindungen hingestellt. Die anatomische Möglichkeit liegt darin, daß die Gelenkkapseln sehr stark mit (*Vater-Paccini*schen) Tastkörperchen besetzt sind; diese werden nach der verschiedenen gegenseitigen Stellung der Gliedteile an immer verschiedener Stelle gedrückt. Es besteht also eine eindeutige Zuordnung zwischen Lage des Gliedes und Verschiedenheit der Organe, und es kann deshalb eine eindeutige Assoziation gebildet werden. Dieselbe Gliedlage ist nie mit verschiedenen Gelenkempfindungen, dieselben Gelenkempfindungen sind nie mit wesentlich verschiedenen Gliedlagen verbunden. Der Eindruck dieser Gelenkempfindung ist subjektiv so, als wenn man einen Finger mit Vaseline einreibt und in der geschlossenen andern Hand dreht (*Titchener*).

Als positive Gründe für diese Annahme macht *Goldscheider* geltend: Schon die direkte Selbstbeobachtung zeigt die eigentümlichen in den Gelenken lokalisierten Empfindungen bei Bewegungen der Glieder. Eine experimentelle Bestätigung: Während der Strom durch das bewegte Glied dessen Hautempfindlichkeit völlig aufhob, wurde die Bewegungsempfindlichkeit dadurch fast gar nicht berührt; strömte er dagegen durch das Drehungsgelenk, so wurde die Empfindlichkeit bedeutend herabgesetzt. Freilich könnte der Strom im letzteren Fall auch andere Organe geschädigt haben. *Lewinski* machte bei Ataktischen kleine Bewegungen in den verschiedenen Gelenken. Drückte er dabei die Gelenkenden aneinander, so merkten die Kranken die Bewegung genau; tat er das nicht, so hatten sie keine Empfindung derselben. *Bourdon* wendet ein: da könne der starke Druck auch andere Bewegungen bewirkt haben, die bemerkt wurden. Auch fand er selbst, daß im Gegenteil bei Entfernung der Gelenke von einander die Bewegungsempfindlichkeit nicht kleiner wurde. Ähnlich *Dejerine.*

Dagegen wird vorgebracht: Es kommen bewegliche Muskeln vor, deren Bewegungsempfindlichkeit außerordentlich fein ist, bei denen aber keine Gelenke vorhanden sind; so bei den Augen mit ihrer sichern und feinen Lokalisation im Sehraum; ähnlich bei der Zunge. — Aber a) was die Augen angeht, so kann man bezweifeln, daß die Muskelempfindungen für deren Lokalisation genügen. Bei verschlossenen Augen kann man die Augenstellung nur sehr unvollkommen angeben. *Raehlmann* und *Witkowski:* Bei Aufforderung, die Augen nach rechts zu drehen, drehte der Blinde sie bloß bis zur Mitte und meinte, trotz mehrfacher Aufforderung, die Bewegung ganz ausgeführt zu haben; erst bei Geräusch zur Linken führte er die Bewegung ganz aus. Andere Blinde vermochten zwar auf Aufforderung hin die Augen nach der Seite zu drehen; aber allmählich gingen dieselben zurück, ohne daß sie es merkten.

Gegenbeispiele von *Bourdon:* Beim Lesen bemerkt man die Augenbewegung im Durchlaufen der Zeile. (Das ist aber kein reiner Versuch, denn da hilft die Verschiedenheit der gesehenen Worte mit.) Auch unwillkürliche Augenbewegungen habe er einigemale(!) festgestellt. (Das ist kein Beweis für eine besonders sichere Lokalisation.) Wenn man im Dunkeln mit den Augen einen Punkt verfolgt, bemerkt man dessen Bewegung, obwohl die beleuchtete Netzhautstelle unverändert bleibt. (Vermutlich bemerkt man die Bewegung des Punktes daraus, daß er nicht mehr im Fixationspunkt steht und eilt ihm sofort nach.) — Man kann nicht sagen, daß diese seltenen Beispiele von bemerkten Augenbewegungen gegenüber den oft so groben Täuschungen stark ins Gewicht fallen. Man vergleiche die Klarheit der kleinsten Fingerbewegungen auch bei geschlossenen Augen und dagegen die kleinen Augenbewegungen, wenn man die Buchstaben eines Wortes der Reihe nach fixiert, wo von Bewegung so gut wie nichts zu fühlen ist.

b) Bei der Zunge ist Lage — und Bewegungsempfindung sehr stumpf. Man kann große Bewegungen ausführen, ohne sie zu merken. Im weichen Gaumen haben wir weder Lage — noch Bewegungsempfindung. Bei den Gesichtsmuskeln sind es wohl bloß die Hautempfindungen, welche über die Kontraktionen belehren. Allerdings können wir Zunge, Gaumensegel und besonders Kehlkopf durch unmittelbaren motorischen Impuls außerordentlich fein einstellen. Aber das beweist nur, daß eine feste Assoziation besteht zwischen der Vorstellung des Bewegungserfolges (etwa des innerlich gehörten Tones) und der zugehörigen unbewußten Innervation.

Genauer liegt die Gelenkempfindlichkeit nicht an den Gelenkflächen. *Oehrwall* zeigte 1914, daß diese keine Tastkörperchen oder freie Nervenendigungen besitzen, gegen mechanische Reizung nicht empfindlich sind: ebenso nicht der Knochen unter ihnen: die Gelenkflächen können ohne Beeinflussung der Schwelle entfernt werden. Dagegen ist von Bedeutung die

das Gelenk bedeckende Haut, die Gelenkkapseln und Bänder, von deren Spannung und Druck die Bewegungsschwelle abhängt (*v. Frey*). Diese Unterscheidung wird den Einwänden *Bourdons* gerecht: es ist nicht mehr der Druck der Gelenkflächen entscheidend, sondern der Zug und Druck in dieser Haut, der an die Verschiedenheit der Lage gebunden sein kann.

Die aktive Bewegung ist gegenüber der passiven durch manches benachteiligt. Bei ihr erschwert die plötzliche Spannung der Muskeln am Anfang und die stärkere Widerstandsempfindung am Schluß die Auffassung der Bewegung. Wenn trotzdem die Schwelle der aktiven Bewegung noch etwas niedriger ist als die der passiven, so müssen neue Ursachen mitwirken. Nach *Goldscheider* ist das die Spannung der Sehnen und Muskeln; sie tritt schon ein, bevor die Bewegung da ist. Das Glied kann dem Muskelzug erst dann Folge leisten, wenn die Sehnenspannung einen gewissen Grad erreicht hat. Außerdem hat man in der aktiven Bewegung noch eine Widerstandsempfindung; gewöhnlich beachten wir allerdings die Schwere der unbelasteten Glieder nicht, weil wir sie gewohnt sind.

5. Für die Widerstandsempfindung setzt *Goldscheider* den Gelenkdruck als Sitz der Empfindung an; beim eingliedrigen Heben die Sehnenspannung. Wenn nämlich im Gelenk eine Drehung vor sich geht, wird die Gelenkdruckempfindung durch die gleichzeitige Bewegungsempfindung übertönt, während sie klar zur Geltung kommt, wo die gegenseitige Lage der beiden drückenden Glieder erhalten bleibt. Deshalb werde bei eingliedrigem Heben der Gelenkdruck nicht beachtet; dagegen erhalten bei mehrgliedrigem Heben die distalen (d. h. mehr peripheren) Segmente ihre gegenseitige Lage und lassen dort im Gelenkdruck den Widerstand erkennen.

Die Empfindungen beim mehrgliedrigen Heben wirken folgendermaßen zusammen: die Widerstandsempfindung weckt durch Assoziation die Vorstellung eines äußeren Objektes, die Druckempfindung lokalisiert den Angriffspunkt. Die distalen Segmente tasten gewissermaßen den Widerstand ab, das proximale Segment leistet Arbeit. Beim Anheben wird die nötige Kraft versuchsweise ermittelt, indem die distalen Segmente immer mehr an die Last angedrückt werden, bis die erste Spur der Bewegungsempfindung der weiteren Zunahme der Kräfte ein Ziel setzt. Dann erst setzt die Leistung des proximalen Segmentes ein. Das Wachsen der Muskelspannung erfolgt nun unter der Leitung des wachsenden Schwere- und Widerstandsgefühls.

Für diese Ansetzung des Gelenkdruckes für die Widerstandsempfindung macht *Goldscheider* seine Versuche geltend. Eine Bestätigung sieht er in einem Fall von *Hitzig:* ein Tabiker mit völlig anästhetischer Haut des Fußes, so daß er Quetschen, tiefe Nadelstiche usw. nicht fühlt, empfindet ein leichtes Zusammenstoßen der Gelenkflächen sehr gut, ja das leiseste Klopfen der Fingerspitze, das gegen die Längsachse des Gliedes gerichtet ist. —

Schon vorher wurde erwähnt, daß man bei der Gelenkempfindlichkeit heute nicht mehr an die Gelenkflächen denkt, sondern an den Druck und Zug der bedeckenden Haut. Damit behält freilich auch noch der Gelenkdruck seinen Sinn. Doch sieht man die frühere Betonung desselben für stark übertrieben an. Gerade bei der Gewichtsschätzung hat sich bei *v. Frey* immer mehr die überragende Bedeutung der Spannungsempfindungen der Muskeln als das wichtigste herausgestellt.

§ 3. Die Empfindungen des statischen Sinnes.

Literatur. *Nagel,* Lage-, Bewegungs- und Widerstandsempfindungen, in Nagels Handbuch III, 1905. — *Kreidl,* Die Funktion des Vestibularorgans, in Ergebnisse der Physiologie V (1906) 572. — *Bárány,* Beitrag zur Lehre von den Funktionen der Bogengänge. in ZPs II 41 (1907) 37 ff. — *C. R. Griffith,* An experimental study of dizziness, in JEPs 3 (1920) 15 ff. 89 ff. — *Gemelli, Tiessier* und *Galli,* La percezione della posizione del nostro corpo e dei suoi spostamenti, in ArPs (i) 1 (1920) 107 ff.

Es handelt sich um diejenigen Empfindungen, deren Organ nach heutiger Annahme der Vestibularapparat ist. Man könnte deshalb von Vestibularempfindungen reden. Gebräuchlich ist die Benennung statischer Sinn. Dem Inhalt nach könnte man weitläufiger von absoluten Lage- und Bewegungsempfindungen des Kopfes sprechen, im Gegensatz zu den relativen Bestimmungen zum übrigen Körper.

Die Erscheinungen, welche hier zu behandeln sind, lassen sich unter drei Gesichtspunkte ordnen:

1. Die Empfindung der Lage des Körpers. Bringt man den ganzen Körper in verschiedene Lagen zur Vertikalen, z. B. auf einem Zapfenbrett, das unter verschiedenen Winkeln festgestellt werden kann, so findet man, daß man ein ziemlich klares Urteil über die jeweilige Lage zur Vertikalen besitzt. Dieses Urteil beruht nicht auf der Abschätzung der gemachten Bewegung, die viel ungenauer ist. Einigermaßen helfen hier die Hautempfindungen des verschiedenen Druckes vom Rücken und von den Füßen mit. Aber daneben ist nach *Nagel* eine unmittelbarere Lageempfindung da. Denn wenn man den Druck durch weiche Unterlage möglichst ausschaltet, durch willkürlichen Zug und Druck in verschiedener Richtung täuscht, so bleibt die Lagevorstellung im wesentlichen unbeeinträchtigt. Wenn man ferner im Bad völlig untertaucht und die Augen geschlossen hat, so hat man trotzdem ein gutes Urteil über die Richtung oben und unten, obwohl der Drucksinn fast völlig ausgeschaltet ist.

Über die Genauigkeit dieses Urteils stellte man fest (*Delage*): Die Lage wird am richtigsten beurteilt bei etwa 50—60° Neigung nach hinten. Bei geringerer Neigung unterschätzt man diese, so daß man bei 5° nach hinten sich vertikal stehend glaubt, bei wirklich vertikaler Lage dagegen vorgeneigt. Über 60° überschätzt man die Neigung: bei 77° etwa glaubt man sich horizontal, bei 90 + 30° sogar auf dem Kopf stehend. — Die Schwellen für Verlagerung nach den verschiedenen Richtungen von der normalen aufrechten Haltung aus liegen in der Nähe von 1° (*Gemelli*).

2. Die Empfindung der Bewegung des Körpers als Ganzen ist am klarsten bei rein passiver Bewegung. Man unterscheidet Drehbewegung und Progressivbewegung. Nach *Mach* gilt allgemein: Wir bemerken von beiden Arten Bewegung immer nur die Veränderung der Geschwindigkeit, die Beschleunigung, dagegen nicht die gleichmäßige Bewegung. Im Eisenbahnzug und besonders im ruhig fahrenden Schiff kann man bei geschlossenen Augen die Fahrtrichtung nicht bestimmen; dagegen erkennt man die Richtung, wenn der Zug anfährt.

Besonders genau gültig ist der *Mach*sche Satz für Drehbewegung. Bei Beschleunigung wird die Richtung der Bewegung wahrgenommen, bei Verlangsamung tritt bisweilen die Täuschung der entgegengesetzten

Bewegung auf, bei gleichförmiger Bewegung dagegen ist keine Empfindung da.

Unter den Progressivbewegungen ist dasselbe Verhalten besonders klar bei der vertikalen Bewegung, im Schacht, im Aufzug. Besonders auffallend ist oft das negative Nachbild, wenn der Aufzug plötzlich anhält. Beim Schaukeln, Schlittenfahren erscheinen die Empfindungen recht stark als eine Pressung oder Erleichterung im Kopf. Auf dem Schiff fühlt man fast gar nichts davon; bei der schnelleren Eisenbahn wird die Empfindung meist durch andere übertönt, so beim Anhalten durch das Vorwärtsgleiten auf dem Sitz. Doch begegnete es *Delage* einmal, daß er den Zug in umgekehrter Fahrtrichtung glaubte, wo er nur seine Fahrt sehr verlangsamte.

Eine merkwürdige Ausnahme ist: Auch in gleichförmiger Bahnfahrt erkennt man die Fahrtrichtung augenblicklich wieder, wenn man den Körper oder Kopf dreht, z. B. von der Seitenlage in die Rückenlage übergeht. Eine Lagentäuschung bei Bewegung ist folgende: Bei Karussellbewegung muß sich der Körper der Achse zubeugen, damit man den Eindruck hat, vertikal zu stehen, und zwar etwa in der Richtung der Resultante von Schwerkraft und Zentrifugalkraft, also desto stärker, je schneller die Bewegung ist. Bei geschlossenen Augen findet man dann eine wirklich schiefe Linie als vertikal, und bei offenen Augen wird die wirkliche Vertikale schief gesehen.

Die Schwelle für Drehbeschleunigung ist nach *Mach* 2—3^0 in der Sekunde, für gradlinige vertikale Bewegung 12 cm; nach *Bourdon* (AnPs 20, 1 ff.) für horizontale Richtung 15—20 cm Beschleunigung; aber selbst bei 4 cm waren die Beobachtungen im allgemeinen richtig. Auch bei Kompressionen des Körpers waren die Schwellen ähnlich. Beim plötzlichen Anhalten entstand nur im Moment ($^1/_4$—$^1/_2{}''$) eine Empfindung des Zurück.

3. Nachwirkungen der Drehung.

a) Eine wichtige Nachwirkung, welche sich im Bewußtsein stark geltend macht, ist der Schwindel.

Nach *Ebbinghaus* ist der Schwindel nicht eine eigenartige Empfindung, sondern ein Widerstreit von Empfindungen, gewöhnlich beruhend auf einer Bewegungstäuschung. Man glaubt etwa auf Grund der statischen Empfindungen den Körper in heftiger Bewegung, während die kinästhetischen das Gegenteil bezeugen, woraus ein Verwirrungszustand folgt, eben der Zustand des Schwindels. Bei größerer Stärke schließt sich daran Unbehagen, Übelkeit, starker Schweiß, kinästhetische Empfindungen in Nacken, Gesicht und Augen, Organempfindungen am unteren Ende der Speiseröhre, Kühle und Druck, bisweilen schlechter Geschmack, Speichelfluß, schließlich Erbrechen. Der Schwindel kann aus den verschiedensten Ursachen entstehen, z. B. wenn in einem großen Spiegel gesehene Gebäude scheinbar schwanken, weil ungesehen der Spiegel selbst sich leise bewegt. Er kann selbst entstehen, beim Tragen einer ungeeigneten Brille, beim Betrachten eines Wasserfalles usw.

Eine besondere Art ist der Drehschwindel, eine mit Bewußtseinstrübung einhergehende Empfindung der Scheindrehung, sei es des eigenen Körpers oder der Außenwelt, in Verbindung mit Reaktionsbewegungen (*Bárány*). Dreht man sich um die eigene Achse, so bemerkt man schon während des Drehens ein Schwimmen im Kopf, bei längerer Drehung eine Unklarheit über die Lage des Körpers. Beim plötzlichen Anhalten tritt oft die Empfindung des Drehens des eigenen Körpers im entgegengesetzten

Sinn auf; besonders wenn während der Drehung die Augen geschlossen waren oder die gesehenen Objekte die Drehung mitmachten (der *Mach*sche Drehschwindel). Eine ruhende Schallquelle dreht sich scheinbar mit dem Körper (*Lindner*). Hat man dagegen die feststehenden Objekte an sich vorbeiziehen lassen, so tritt eine Scheinbewegung in gleicher Richtung ein oder eine solche der äußeren Objekte in entgegengesetzter Richtung (der *Purkinje*sche Drehschwindel).

Den Gesamtverlauf der subjektiven Erscheinungen beschreibt eingehend *Griffith:* Im Ansteigen der Drehung verändert sich die Druckverteilung, indem man der Trägheitswirkung widersteht; Kühle im Gesicht in der Drehrichtung; Bewegung der Lichter und Schatten im Gesichtsfeld. Intensiv ist das kinästhetische Spiel um die Augen, wo der Druck rhythmisch ab- und zunimmt. Bei Ungeübten besteht eine Menge von kinästhetischen und Organempfindungen im ganzen Körper, in den Beinen, der Seite, den Armen, Schultern, der Brust, am meisten im Nacken und um das Gesicht: das Gefühl der Erwartung. Während der gleichmäßigen Drehung werden bemerkt Lichter und Schatten und vorüberfliegender Schall, Kühle, Druck von Armen und Oberschenkeln. Oder aber die Organempfindungen schwinden, so daß man still zu stehen glaubt und das Vorbeiziehen auf die Objekte bezieht. Die rhythmische Empfindung um die Augen wächst an, wird fast schmerzlich. Der Druck zieht zum Zwerchfell; es folgt Schweiß, Speichelfluß, Ekel, bisweilen Erbrechen. Der Druck steigt zum Kopf und bewirkt da das Schwimmen, worin alle andern Wirkungen untergehen. Das Schwimmen verschwindet aber nach einigen Drehungen wieder. — Das Nachlassen der Drehung fällt am meisten auf und ist gewöhnlich für die Übelkeit verantwortlich. Der Druck verschiebt sich wieder. Die äußeren Gesichts- und Druckempfindungen schwinden. Der intensive Druck um die Augen macht plötzlich raschen Schwankungen Platz; dabei der Eindruck einer Drehung der Augen in Richtung der vorherigen Körperdrehung. Die Drehung wird bei offenen Augen nun auf das Gesichtsfeld übertragen. — Nach Aufhören der Drehung besteht noch Bewegung im Gesichtsfeld, Erschlaffung. Die Nachwirkungen nach den zehn Einzelversuchen des Tages dauerten anfangs stundenlang mit Ermüdung im ganzen Körper.

Die Ebene der scheinbaren Drehung hängt nur von der Haltung des Kopfes während der Drehung ab. Dreht man nachträglich den Kopf, so dreht man zugleich die Ebene der Scheindrehung: „Gesetz von *Purkinje*". Hat man etwa während der Drehung auf einer Drehscheibe gesessen und den Kopf nach vorn geneigt gehalten, so empfindet man nachher eine horizontale Drehung. Setzt man sich dann aufrecht, so wird daraus eine scheinbare vertikale Drehung, und um nicht, wie man glaubt, nach der Seite zu fallen, wirft man sich unwillkürlich auf die andere Seite und fällt so um.

Der galvanische Schwindel tritt bei Querdurchströmung des Kopfes auf. Bei Stromschluß hat man das Gefühl des Umsinkens nach der Kathodenseite, beim Öffnen umgekehrt. Bei starkem Strom tritt dazu reflektorisch eine Gegenbewegung und kann Umstürzen bewirken. Bei offenen Augen tritt Scheinbewegung der Gesichtsobjekte auf, eine Kreisbewegung des gesamten Gesichtsfeldes.

b) Die physiologischen Nachwirkungen: Bewegungen bei schiefer Lage. Wird der Kopf seitwärts zur Schulter geneigt, so führen beide Augen Rollungen in entgegengesetzter Richtung aus, welche die Neigung aufzuheben suchen, freilich nur zu kleinem Teil.

Augenbewegungen bei Körperdrehung. Bei Drehbewegung bleiben die Augen zunächst hinter der Kopfbewegung zurück; dann folgen sie

plötzlich in die Mittellage nach; darauf bleiben sie wieder zurück, holen das wieder durch schnelle Bewegung ein usw.: das Augenzittern (der horizontale Nystagmus). Von der scheinbaren Gegendrehung der gesehenen Umgebung ist besonders die erste Phase deutlich; vom Zurückspringen in die Ausgangslage ist oft bloß die Lagenänderung des Objekts bemerkbar. Immerhin ist die Gesamtdrehung nicht stetig fortschreitend (*Dittler*). Diese Augenbewegung ist unwillkürlich, auch bei geschlossenen Augen, selbst bei Blinden, also nicht durch Fixation eines Objektes zu erklären. Sie ist ein Reflex vom statischen Organ aus; das Zurückspringen wohl eine Reaktion auf die Halsempfindungen. Nach *Bárány* ist diese Augenbewegung die Ursache der Drehempfindung, nicht umgekehrt.

Nach dem Anhalten der Drehung ist die Augenbewegung umgekehrt: zuerst Weitergehen, dann plötzlich Zurückspringen usw. Das Augenzittern wird stärker mit größerer Stärke und Dauer der Drehung, ebenso durch plötzliches Anhalten. Bei häufiger Wiederholung der Drehversuche (*Griffith* unternahm an jedem Versuchstag 10 Versuche von je 10 Einzeldrehungen, und wiederholte die Versuche an vielen Tagen) wird die Augenbewegung allmählich schwächer an Dauer (die anfangs 25″ betrug), an Zahl der Bewegungen, Ausgiebigkeit, und scheinbarer Bewegung im Gesichtsfeld. Nach 30 Versuchstagen zeigten die Versuchspersonen im Mittel 80 % Abnahme der Erscheinungen. Dasselbe Gesetz der Abnahme betrifft alle Wirkungen der Drehung: Schweiß, Ekel, Anhalten des Atems usw.

Nachbewegungen des ganzen Körpers. Nach der Drehung besteht ein Drang, sie fortzusetzen. Das beruht nicht auf dem Trägheitsgesetz, denn es tritt auch ein, wenn man nach der Drehung den Körper zunächst einen Augenblick anhält. Wenn die Achse der Drehung mit der Körperachse einen Winkel einschließt, tritt Gleichgewichtsstörung ein. Die Reaktionsbewegung ist unabhängig davon, ob die Scheinbewegung zum Bewußtsein kommt oder nicht.

§ 4. Das statische Organ und seine Funktion.

Als Organ gilt heute das Labyrinth. Früher betrachtete man es als Organ für das Gehör. Die Anordnung der Bogengänge wurde auf eine Wahrnehmung der Richtung des Schalles bezogen. Den Otolithen brachte man bisweilen mit der Geräuschempfindung in Beziehung. *Goltz* (1870) betrachtete das Labyrinth als Gleichgewichtsorgan des Kopfes. Die wahre Erklärung[5], die heute fast allgemein angenommen wird, gaben fast gleichzeitig *Mach, Breuer* und in gewissen Punkten *Brown*. Es sind zu unterscheiden die Bogengänge und die Otolithen.

1. Die Bogengangsfunktion.

Auf jeder Seite des Kopfes liegen drei bogenförmige Kanäle, mit Wasser gefüllt, welche in drei fast senkrecht aufeinander stehenden Ebenen verlaufen, so daß sie eine Art Raumkoordinatensystem bilden. Am Ende jeder Röhre ist eine Erweiterung, die Ampulle, und dort ragen von der Wand aus feine Härchen in die Flüssigkeit hinein und verbinden sich zur cupula terminalis.

Die *Mach-Breuer*sche Theorie erklärt nun die Wirkung des Organs. Führt der Kopf eine Drehung in einer dieser Ebenen aus, so wird das Wasser nicht momentan mit der Wand mitgehen, sondern wegen seiner Trägheit ein wenig zurückbleiben; es braucht übrigens nicht zu einer wirklichen Strömung zu kommen, welche bei der Enge des Kanals ausgeschlossen ist; sicher aber wird eine Stoßwirkung der Flüssigkeit im selben Sinn vor-

handen sein. Hierdurch wird also die cupula in der entgegengesetzten Richtung gezogen und erregt durch die Haare, die nach der einen Richtung gespannt, nach der andern gedrückt werden, die zugehörigen Nerven. Wird die Drehung dann gleichförmig, so kehrt die cupula in ihre Ruhelage zurück. Wird die Drehung verlangsamt oder hört sie plötzlich auf, so tritt eine Verschiebung der cupula in entgegengesetzter Richtung wie anfangs auf, weil das Wasser noch etwas weiter schießt und sie mitzieht. Das wird wieder die Nerven erregen. Bis hierher haben wir nicht Hypothesen, sondern physikalisch notwendige Tatsachen. Nun fügt die Theorie von *Mach-Breuer* hinzu: jede Verbiegung der Sinneshaare in den Ampullen bewirkt die Empfindung einer Kopfdrehung, und zwar in dem der Verbiegung entgegengesetzten Sinn. Durch diese Annahme finden nämlich alle Tatsachen ihre Erklärung.

Es muß dann im Beginn der Drehung eine Empfindung gleichsinniger Drehung erfolgen; sobald die Drehung gleichförmig geworden, muß die Empfindung aufhören, bei Verlangsamung muß die Täuschung einer gegensinnigen Drehung entstehen, und damit der *Mach*sche Drehschwindel. Fällt die Drehrichtung des Kopfes in eine beliebige Ebene, so wird sich nach mechanischen Grundsätzen ihre Erregung in eindeutiger Weise auf die drei Bogengänge verteilen; es muß also eine Summe von Drehempfindungen auftreten, welche mit der Vorstellung der wirklichen Drehungsebene eine eindeutige Assoziation eingehen und diese so anzeigen kann. Natürlich bezieht sich die wahrgenommene Drehungsebene auf die augenblickliche Lage des Kopfes und muß mit Hilfe der Erfahrung erst auf die Umgebung umgedeutet werden. — Auch die scheinbare Ausnahme, daß man bei gleichförmiger Bewegung die Drehung wieder merkt, wenn man den Kopf plötzlich stark dreht, erklärt sich leicht. Es wird dann ja einem bis dahin ruhenden Bogengangspaar eine neue Bewegung erteilt. — Die beschriebenen Reflexe auf die Drehung sind dann zu betrachten als vom Labyrinth her ausgelöst. Danach wird die Theorie in der Tat den bekannten Tatsachen gut gerecht. (Weitere Einzelheiten gibt *Kreidl* a. a. O.)

2. Erklärung der Neigungsempfindung durch Otolithen. Der Otolith ist dichter als die Umgebung, ruht auf Härchen und kann dieselben deshalb durch Zug oder Druck reizen. Bei aufrechter Körperhaltung drückt er nach unten; bei schiefer Haltung verbiegt er die Haare, und diese Wirkung hält so lange an wie die schiefe Haltung selbst, im Gegensatz zu den nur momentanen Bogengangswirkungen. *Gemelli* führt die Neigungsempfindung auf Druck und kinästhetische Empfindungen zurück, besonders auf den verschiedenen Druck der Haut, ihre Dehnungen, um dem Gleiten zu entgehen, die Anstrengungen, die Lage zu bewahren, die Blutfülle im Kopf usw.

3. Noch weniger sicher ist die Erklärung der Progressivbewegungsempfindung. Beim Menschen kommen beiderseits zwei Otolithen vor, deren Gleitrichtungen aufeinander senkrecht stehen; bei manchen Tieren (Vögeln) noch ein drittes Paar mit vertikaler Gleitrichtung. Man kann nun annehmen, daß die Gleitrichtung mit der Wahrnehmungsrichtung zusammenfalle. Bei progressiver Beschleunigung bleibe wegen Trägheit der Otolith gleicher Gleitrichtung etwas zurück,

bei Verlangsamung schieße er etwas vor, drücke dann entsprechend auf die Haare und löse die zugeordnete Bewegungsempfindung aus.

Dagegen kann man einwenden: a) Da der Otolith auch die Neigung anzeigt, wäre zu erwarten, daß bei Vorwärtsbewegung zugleich die Empfindung der Hintenüberneigung bestehe, was doch niemand angibt. Eine befriedigende Lösung dafür ist noch nicht gegeben; b) gerade beim Menschen gilt nach der gewöhnlichen Erfahrung die Empfindung für vertikale Bewegung eher als klarer, wie die für Horizontalbewegung (womit freilich die vorher angegebenen Schwellen nicht stimmen). Nun aber hat der Mensch bei seinen zwei Otolithen mit horizontaler Gleitrichtung nach *Breuers* Erklärung eigentlich umgekehrt kein Organ für Vertikalbewegung, dagegen wohl für Horizontalbewegungen.

Nach *Nagel* ist am wahrscheinlichsten: Der Otolith vermittelt bloß Lageempfindungen, indem er auf eine relativ langsame Reaktion eingerichtet ist, so daß er nur durch dauernde Einwirkung, nicht durch Progressivbeschleunigung erregt wird. Wie wir die vertikale Progressivbewegung wahrnehmen, ist dann noch unbekannt. *Delage* betrachtete als Organ für die Progressivbewegung den Druck der Flüssigkeiten gegen die Wände im ganzen Körper, die Eingeweide, überhaupt alle beweglichen Teile. *Bourdon* denkt an das Gleiten der Körperteile gegenüber der Unterlage, das auch durch Festbinden nie ganz unterdrückt wird.

4. Anderweitige Bestätigungen der Theorie.

a) So erklären sich sehr gut die Erscheinungen bei Labyrinthverlust. Bei Verletzung einzelner Bogengänge zeigen sich die Störungen immer in der Ebene dieses Bogenganges.

b) Die vorher genannten kompensatorischen Augenbewegungen verschwinden, wenn das Labyrinth zerstört ist; das spricht dafür, daß sie Reflexe vom Labyrinth aus sind. Bei Tieren ohne Labyrinth fehlt, wie *Ewald* zeigte, der Augen- und Kopfnystagmus völlig.

c) *Kreidls* Experimente mit Krebsen. Diese verlieren bei der Häutung ihre Otolithen und bilden sich aus gefundenem Material neue. Es wurde nun gesorgt, daß dieses Material aus Eisenteilchen bestand. Wenn dann einem Krebs von der Seite her ein Magnet genähert wurde, warf er sich sofort auf die andere Seite. Er hatte offenbar das Gefühl, nach der Seite des Magneten zu fallen, entsprechend dem Druck des Otolithen, und wollte dem entgegenwirken. — Natürlich machte *Kreidl* auch die Gegenprobe, indem er in andern Fällen Eisenstückchen nur außen an den Kopf klebte; dann reagierte das Tier auf einen angenäherten Magneten gar nicht oder wurde passiv angezogen.

d) Künstliche Reizversuche. Zerrung oder Durchschneidung eines Bogenganges bewirkt, daß der Kopf nach der andern Seite gewendet wird. Ähnlich wirkt chemischer oder osmotischer Reiz, wenn sich die Wirkung bis zur Ampulle fortpflanzt. Bei Druck auf einen Kanal tritt eine regelmäßige Pendelbewegung in der betreffenden Ebene auf. Diese Reizungen versagen, wenn die Ampulle durch Kokain unempfindlich gemacht worden ist. *Ewald* brachte in Bogengängen eine künstliche Strömung hervor. Sofort wurde der Kopf gedreht. Das Tier suchte offenbar die Drehung, die es zu erfahren glaubte, rückgängig zu machen. Waren dagegen die Bogengänge gesperrt, so daß die Flüssigkeitsströmung ausgeschlossen war, so blieb die Kopfdrehung aus. Nach *Bárány* bewirkt auch kaltes Wasser im Gehörgang einen Nystagmus nach der andern Seite, Wasser von Körpertemperatur nichts; solches von höherer Temperatur die zur vorigen entgegengesetzte Augenbewegung.

e) Der Gegensatz der Taubstummen. Bei vielen Taubstummen wird das Labyrinth mitbeschädigt sein. Nach *Mygind* war unter 118 Fällen in 67 % das

Labyrinth pathologisch verändert, in 56 % die Bogengänge. Nun findet sich in einem ähnlichen Prozentsatz der Tauben, daß einzelne oder alle Reflexe, die hier behandelt wurden, fehlten. Viele wissen nichts von dem subjektiven Gefühl des Schwindligwerdens beim Drehen um die Achse. Sie können unmittelbar nachher geradeaus gehen ohne die taumelnden Bewegungen normaler Menschen. Viele hatten, wie *James* fand, im Bad untertauchend alle Orientierung verloren. — *Karl Beck* (1912) leugnet die Orientierungsstörung beim Bad; doch gibt er zu, daß diese Tauben versagen, wo an das Gleichgewicht höhere Anforderungen gestellt werden; für das gewöhnliche aber hätten sie gelernt, andere Hilfsapparate eintreten zu lassen.

f) Die *Ménièrische* Krankheit entspricht in ihren Erscheinungen einer Erkrankung des Labyrinths. Man findet Schwerhörigkeit, subjektive Geräusche, daneben Schwindel, Zwangsbewegungen, unsicheres Stehen und Gehen, Erbrechen und Ohnmacht. Als Ursachen zeigen sich Blutungen oder Entzündungen im Labyrinth.

§ 5. Das Labyrinth als Sinnesorgan.

1. Der statische Sinn hat das merkwürdige Los, daß über seine Sinnesnatur selbst gestritten wird. Manche sehen im Labyrinth ein bloßes Reflexorgan. So schon ein gewiß berufener Beurteiler, der Hauptbegründer der Labyrinththeorie, *Mach.* Er nimmt keine besondern motorischen Empfindungen aus dem statischen Organ an. Es bewirke nur reflektorisch Innervationen, deren Erfolg dann von andern Sinnen gemeldet werde. Ähnlich *Bourdon, Gemelli* u. a. Diese erste Ansicht deckt ohne Zweifel eine erhebliche Menge der beobachteten Erscheinungen, die Druckverteilung im Körper und ihre Schwankungen, die bezeichnenden kinästhetischen und Organempfindungen, deren Zusammenschluß das Gefühl der Verwirrung bewirkt, die rhythmischen Empfindungen um die Augen, das Unbehagen usw.

2. Andere finden damit nicht alles befriedigend erklärt und behaupten ein wahres eigenes Sinnesorgan. So tritt *Ebbinghaus* entschieden für die bewußte Natur der statischen Empfindungen ein. Bei Erkrankung des Bogenganges, bei elektrischer Durchströmung hat man das Bewußtsein einer heftigen Drehung, welches nicht anderswoher kommen kann, da ja keine Drehung vorliegt. Also haben wir hier eine Empfindung, die nur im Labyrinth ihren Grund haben kann. Ferner, hält man sich nach einer längeren Drehung ganz ruhig und achtet auf das Gefühl im Kopf, so hat man eine ganz eigentümliche Empfindung, die mit nichts anderem zu verwechseln ist. Hat man sie so kennen gelernt, dann ist es auch möglich, sie später schon während des Drehens selbst herauszukennen. Diese Empfindungen finden sich bisweilen in halluzinatorischer Stärke im Traum, bei der Illusion des Fallens oder Fliegens.

Noch entschiedener spricht sich *Nagel* aus: die Bewegung ist eine Empfindung durchaus eigener Art, ohne Verbindungsglieder mit andern Sinnesgebieten, eine Modalität. Am schärfsten markiert sind die Drehungsempfindungen mit ihren drei Komponenten; ferner existiert als eigene Empfindungsqualität die Lageempfindung. Auch *Warren* vertritt spezifische Lage- und Bewegungsempfindungen vom statischen Organ aus. An dieser Darstellung ist das eindruckvollste die Betonung der Drehungsempfindungen ohne vorliegende objektive Drehung sonstwo; für diese ist kaum zu leugnen, daß ihr Organ das Labyrinth, und nicht andere davon erst reflektorisch beeinflußte Organe sind. Mit diesem Beweis ist aber freilich noch keine eigene Modalität nachgewiesen. Das Wort Drehungsempfindung darf darüber nicht hinwegtäuschen. Das Element der Bewegung ist nicht ein eigenartiger Empfindungsinhalt, sondern ein räumlicher Inhalt, der in verschiedenem Sinnesmaterial vorkommt, getastet oder gesehen wird. Für ein Sinnesorgan ist die Bewegung nichts Kennzeichnendes, sondern das sinnliche Material, worin sie sich kleidet. Sucht

man nun in der Drehungsempfindung dieser sinnlichen Grundlage habhaft zu werden, so bleibt nach allen bisherigen Untersuchungen nichts übrig, als die schon bekannte Tastempfindung. Das führt zur dritten Gruppe der Ansichten, die eine Mittelstellung zwischen den beiden früheren einnimmt.

3. Nach ihr liegt im statischen Sinn außer den schon genannten sonstigen Wirkungen auch etwas Bewußtes vor, aber nicht mit neuartigen Qualitäten, ähnlich dem Geruch oder Ton oder der Wärme. Die Aufstellung eines statischen Sinnes hat also eine ähnliche Bedeutung wie beim kinästhetischen Sinn, und wie wir sie bei den Organempfindungen wieder finden werden. Schon *Wundt* gab diese Erklärung: Die Qualitäten dieses Sinnes machten eher den Eindruck von Tastempfindungen. Es sei hier nicht wie bei einem Menschen, dem die Welt der Farben und Töne verschlossen sei, die dann durch nichts anderes ersetzt werden kann; denn der Ausfall dieses Sinnes werde durch andere Sinne völlig gedeckt. — Damit soll nicht gesagt sein, daß man ohne statischen Sinn ganz dasselbe leisten wird wie mit ihm — bei geschlossenen Augen macht sich der Ausfall sehr wohl bemerkbar —, sondern nur, daß einem durch den Ausfall nicht eine ganze Welt von Qualitäten zu Grunde geht, die man anderswo nicht wiederfände. Was ausfällt, kann seiner Art nach auch sonst geboten werden; es sind die sonst durch Tastsinn oder Gesichtssinn wahrnehmbaren Bewegungen, nur daß sie im statischen Sinn unter andern Umständen und in anderem Umfang auftreten.

Diese Ansicht findet heute viele Vertreter. So nimmt *Pillsbury* keine eigenen Qualitäten an, wie es scheint auch *Titchener*. *Griffith* findet in seiner eingehenden Zergliederung nirgendwo eine neue Qualität, die in neuem Sinn Drehungsempfindung heißen könnte. Es sei immer Zug, Druck, Spannung durch den Körper, im Kopf usw. Wenn das alles einen gewissen verwirrenden Grad erreicht, vereinigt es sich zum bekannten Schwindelgefühl. Bezeichnend ist auch, daß bei Wiederholungen diese Erscheinungen immer mehr nachlassen, die Empfindungen nun leichter zu zerlegen sind, dann die äußeren Empfindungen mehr hervortreten und selbst die Bedeutung der Drehung tragen. Das gelingt schon annähernd, wenn man sich subjektiv einstellt, die Verwirrung auszuschließen. Sicher aber kommt es sonst bei einem Sinn mit eigenen Qualitäten nicht vor, daß bei ihm die eigene Qualität immer mehr zurückträte, durch bloße Wiederholung an verschiedenen Tagen.

Nach allem verdient die letzte Ansicht den Vorzug, die im statischen Sinnesorgan einerseits die Reflexleistungen anerkennt, aber darin auch den Ort sieht, an dem Empfindungen ausgelöst werden, wenn auch diese Empfindungen keine ganz neuen Qualitäten beibringen.

Sechstes Kapitel.

Die Organempfindungen.

Literatur. *Meumann,* Zur Frage der Sensibilität der inneren Organe, in ArGsPs 9 (1907) 26 ff. — *Becher,* Über die Sensibilität der inneren Organe, in ZPs 49 (1908) 341 ff. — *Meumann,* Weiteres zur Frage der Sensibilität usw., in ArGsPs 14 (1908) 279 ff. und 16 (1910) 228 ff. — *Mosso,* Die Ermüdung, 1892. — *M. Offner,* Die geistige Ermüdung, 1910. — *Sternberg,* Das Nahrungsbedürfnis, 1913.

§ 1. Arten der Organempfindungen.

1. Gemeinsame Eigenschaften.[1] Organempfindungen sind dem Wortlaut nach [Empfindungen, welche durch Veränderungen der inneren

Organe geweckt werden und den Zweck haben, uns über den Zustand des eigenen Organismus, besonders über die gestörten Tätigkeiten des vegetativen Lebens, zu unterrichten. Hunger oder Magenschmerz oder Erstickungsnot ist eine Erkenntnis, welche einzig auf einen Zustand des Organismus selbst hinausgeht, nicht den Zweck hat, wie die kinästhetischen Empfindungen uns in der Außenwelt zu orientieren, sondern eine Reaktion zu veranlassen, die dem Organismus direkt hilft.

Damit hängt zusammen, daß die Organempfindungen uns wenig klare Erkenntnis bieten, sondern mehr starke Gefühle, besonders häufig Unlust. Das ist zweckmäßig, indem wir nur im Fall einer Gefahr über die körperlichen Vorgänge unterrichtet werden und so das Bewußtsein für höhere Leistungen frei haben. Die Organempfindungen sind meist wenig scharf lokalisiert; nach *Meumann* hauptsächlich deshalb, weil wir ihre Organe nicht sehen können. Ihrer Qualität nach sind sie sehr unbestimmt, erscheinen uns meist als irgend eine Abart von Druck und Schmerz. Daß die Organempfindungen trotz ihrer Unbestimmtheit wichtige Leistungen zu vollführen haben, zeigen die Fälle, wo pathologisch die innere Empfindlichkeit ausfiel, besonders diejenigen von *Sollier* und *Revault d'Alonnes*. Dort fehlten völlig die Empfindungen des Verdauungskanals, Hunger, Durst, Gefühl der Sättigung, Verdauungsbeschwerden usw. Infolge davon war natürlich auch Appetit, Ekel, Empfindung der Erfrischung nach dem Schlaf usw. verloren gegangen. Aber was man weniger erwartet hätte, auch das ganze Gefühlsleben, Lust, Unlust, die meisten Affekte, Furcht, Kummer, Schreck, waren beeinträchtigt oder ausgefallen. Ebenso fehlte das normale Bewußtsein vom Verlauf der Zeit. Es scheint mithin, daß die subjektive Zeitschätzung und das Affektleben ganz oder zum Teil auf diesen Organempfindungen beruht. Die Gesamtheit der unbestimmten Organempfindungen macht das subjektive Befinden aus.

Die Organempfindungen sind noch wenig in psychologisch klare Systeme gebracht, ähnlich denen der äußeren Sinne. Wir besprechen sie deshalb in einer vorläufigen Anordnung, welche die verschiedenen Organsysteme durchgeht und alle darin beobachteten Empfindungsarten aufzählt.

2. Die Arten der Organempfindungen (besonders nach *Meumann* und *Titchener*).

Empfindungen des Bewegungsapparates: wozu besonders die eigentlichen Muskelempfindungen, die Empfindung von Ermüdung, Ausgeruhtsein, körperlicher Kräftigkeit, die Lustempfindung nachlassender Spannung beim Ablegen von Lasten usw. gehören.

Empfindungen des Ernährungssystems. Besonders klar sind die Empfindungen von Hunger und Durst. Der Hunger wird empfunden im Mund, Rachen und auch bestimmt im Magen. Begleitende Erscheinungen sind dumpfer Schmerz in der unteren Kinnbacke, Druck im Schlund usw. Eigentümlich sind ihm ein dumpfer Druck im Magen, der in Schmerz übergeht. Die Vorstellung der Nahrung ist eine häufige Begleiterscheinung. Der Durst umfaßt Druck auf der Zunge, im Gaumen, bisweilen in der Kehle. Es treten Speichelfluß und Schluckbewegungen auf. Bei größerer Stärke werden Mund und Lippen trocken. Es gesellt sich körperliche Trägheit und Schwäche dazu. Die Empfindungen werden immer auf den Mund bezogen, etwa auf den weichen Gaumen. Der ganze Komplex von Druck und Schmerz wird zum Durst nur durch den Gedanken an das Trinken (*Boring*, PsR 22).

Eine starke Mahlzeit gibt eine Empfindung von Übersättigung, Fülle, Druck im Magen. Vermutlich ist die Ursache Spannung des Magens. Bei Verdauungsstörungen treten Empfindungen im Darm auf, Kolikschmerzen, meist in der vorderen Bauchhöhle lokalisiert. Die Empfindungen der Entleerung sind Druck und dumpfer Schmerz. Vor und während der Übelkeit ist gewöhnlich kalter Schweiß, reichlicher Speichelfluß, bitterer Geschmack des aufstoßenden Mageninhaltes, oft Schwindel. Allgemeinere Begleiterscheinungen sind Schwimmen im Kopf, Schmerz und Druck in Kopf, Augen, Kiefern, dazu Schauer, Kälte und allgemeine Schwäche. Das Erbrechen bewirkt Empfindungen von den Muskeln der Bauchhöhle, des Zwerchfelles und im Rachen, die von ähnlicher Qualität sind.

Empfindungen des Atmungs- und Kreislaufsystems. Bei Atmungsstörungen tritt oft Beklemmung in der Brust auf, z. B. wenn man sich beim Laufen anfangs ungewöhnlich anstrengt. Der Gipfel ist die Atemnot oder der Erstickungsanfall. Die kräftigende Wirkung der frischen Luft rührt von den Atmungsmuskeln her. Bei gesteigerter Atemtätigkeit sind Empfindungen da, die kaum auf die Muskeln zurückzuführen sind, bei der Ermüdung Schmerzen in der Herzgegend.

Bekannt sind die Wirkungen der Schwüle. Die Ursache ist hier hohe Wärme, starke Luftfeuchtigkeit und geringe Luftbewegung oder Teile davon, die bewirken, daß die Haut keinen Wasserdampf mehr abgeben kann. Daraus folgt Wärmestauung mit Lähmung. *Hellpach* zählt als seelische Wirkungen der Schwüle vor dem Gewitter auf: Abgeschlagenheit, Verstimmung, Erregung, Zittern, Ameisenlaufen, Flimmern, Ohrensausen, Kopfdruck, Schwere in den Gliedern, Appetitmangel, Schlaflosigkeit. Ähnlich wirkt auch sonstige Schwüle. Häufig ist das Gefühl der verminderten Leistungsfähigkeit, der geistigen wie körperlichen. Die höchsten Grade bestehen vor dem Hitzschlag.

Kreislaufempfindungen scheinen eine Rolle zu spielen bei Schaudern, Zittern usw. Beim Schaudern sind sie verbunden mit Kälteempfindungen; beim Zittern ist Muskelempfindung vorhanden; bei der Gänsehaut hat man die Empfindung vom Druck der Haarbälge, vielleicht noch Kontraktion der ungestreiften Muskeln. Das Ameisenlaufen ist die kribbelnde Empfindung, wenn die Blutströmung in einem Glied wieder einsetzt; sie geht wahrscheinlich auf Nervenendigungen in den Gefäßwänden.

Auch das Genitalsystem entbehrt nicht der Empfindungen mannigfacher Art, die im Bewußtseinsleben stellenweise eine große Rolle spielen.

Die Entzündung fast aller inneren Organe gibt intensive Schmerzen. Darunter kann man einen leichten hellen Schmerz und einen schweren dumpfen unterscheiden. Alle andern Unterschiede der Schmerzen lassen sich wohl auf Intensität, Ausbreitung und Dauer zurückführen. — Alle diese Organempfindungen sind normal schwach und treten nur dann stärker hervor, wenn der Organismus geschützt werden soll.

Nach dieser allgemeinen Übersicht sollen beispielsweise zwei für das Bewußtseinsleben wichtigere Komplexe eingehender besprochen werden: die Hungerempfindung und die Ermüdungsempfindung.

3. Der Hunger ist das Bedürfnis nach fester Nahrung, das bei großer Intensität in einen nagenden Schmerz übergeht. Trotzdem ist er

nicht gleich quälend wie das starke Bedürfnis nach flüssiger Nahrung, der Durst, oder gar wie das Bedürfnis nach gasförmiger Nahrung, der Lufthunger, die quälendste dieser Empfindungen. Der Appetit ist gleichsam das Vorsignal für den erst später eintretenden Hunger.

a) Die letzte Ursache des Hungers und Durstes liegt in der nicht mehr normalen Zusammensetzung des Gewebesaftes. Wird z. B. die Salzmenge im Gewebesaft zu sehr vermehrt, so tritt Durst auf; ähnlich bei zuviel Zucker (*Turro* in ZPs II 44, 330 ff.). Der Hunger überwindet die Appetitlosigkeit („der Hunger ist der beste Koch"), ja sogar den Ekel: der Hungrige nimmt Dinge, die ihm in anderer Verfassung zu nehmen ganz unmöglich wäre. Er verliert auch keine Zeit mit dem Wohlgeschmack der Speisen, sondern schlingt dieselben möglichst schnell hinunter.

Der nächste Reiz für den Hunger ist wohl die Magenleere, weshalb der Hunger durch die Füllung des Magens beseitigt wird. Doch muß das Nahrungsmaterial dafür bestimmte Eigenschaften haben. Ohne die chemische Eigenschaft des Nährwertes wird der Hunger wohl augenblicklich, aber nicht für länger befriedigt. Ferner befriedigt ihn warme Nahrung leichter und schneller als kalte, wie schon *Aristoteles* bemerkte. Weiter ist ein gewisses Volumen nötig; Pflanzen und Wasser absorbierende Nahrungsmittel sättigen leichter als Fleisch und Fisch. Endlich muß die Nahrung fest sein. *Marsh* (PsR 23) verzeichnet als Erscheinungen eines längeren Fastens: starkes Herzklopfen, besonders beim Treppensteigen, Müdigkeit und Übelbefinden, Schmerzen, Abfall aller Gefühle. Der Hunger tritt mehr zu den gewohnten Essenszeiten auf, ist sonst nicht so stark, wie man erwarten möchte. Er wird auch durch das sonstige Übelbefinden verdeckt. Im allgemeinen werden mehr die motorischen Tätigkeiten als die geistigen betroffen.

Nach *Sternberg* ist der Reiz der Magenleere eine Art Kitzelempfindung; darauf beruhe sein unabweisbares Drängen nach Befriedigung. Der Kitzel steigert sich leicht zu Schmerz und wird besonders durch Berührung mit festen Körpern gemildert. Auch kann der Hunger durch leichte Reize erregt werden, wie durch alkoholische Genußmittel, Gewürze, Kochsalz usw.

b) Der Appetit ist die Begierde, zu essen, im Gegensatz zu ihrem Fehlen, der Appetitlosigkeit, und ihrem äußersten Gegenteil, dem Widerwillen, dem Ekel. In der Appetitlosigkeit kann man drei Grade unterscheiden: das Sättigungsgefühl, wenn der Appetit gestillt ist, was noch keine Unlust einschließt; es findet sich dabei gelegentlich das Aufstoßen der Speisen. Es folgt der Zustand, wo es unmöglich wird, etwas zu schlucken, wo die Kehle durch Krampf der Schlundmuskeln zusammengeschnürt erscheint. Der höchste Grad der Appetitlosigkeit endlich ist der Ekel, die Brechneigung, die Übelkeit.

Eine Wirkung des Appetits ist das Schlucken, wenn der Bissen eine bestimmte Stelle im Munde, den Isthmus faucium, erreicht hat. Von diesem Punkte an ist die Weiterbewegung der Nahrung dem Willen entzogen. Dieselbe Stelle kann bei einer etwas andern Reizungsart auch den entgegengesetzten Würgreflex auslösen, z. B. wenn die Stelle mit einem Pinsel berührt wird. Man kann beim Schluckreiz von einem Kitzel sprechen, wie ja schon die gewöhnliche Sprache bei Speisen von Gaumenkitzel redet. Die Empfindung kurz vor dem Schlucken, besonders wenn man eine wohlschmeckende Speise länger im Munde behält, macht ganz diesen Eindruck.

Der Appetit ist vor allem bedingt durch den Wohlgeschmack der Speisen. In der Krankheit wird gewöhnlich nicht die sinnliche Geschmacksempfindung verändert, sondern die daran geknüpfte Lust. Die Kranken werden überempfindlich, Feinschmecker, worauf die Notwendigkeit einer besondern Küche beruht. Die Bekämpfung der Appetitlosigkeit geschieht am besten nicht durch Arzneien, die selbst den Appetit zu stören pflegen, sondern durch Hebung des Wohlgeschmacks der Speisen.

durch eine gute Küche. Auch bei bloßer Ausschaltung des Geschmacks (durch ein künstliches Gebiß, durch manche Nasenkrankheiten) wird der Appetit mitbetroffen. Beim Menschen ist besonders wichtig die „Appetitlichkeit" der Speisen, d. h. Reinlichkeit, Sauberkeit, eine Eigenschaft, die bei Tieren oft völlig fehlt. Bei ihrer Nichtbeobachtung tritt selbst Ekel ein, manchmal noch nachträglich, wenn man derartiges von der eben genossenen Speise erfährt. Auf der Bedeutung des Appetits beruhen alle Vorschriften der Kochkunst, die richtige Mischung und Aufeinanderfolge der Speisen, was durch den bloßen Nährwert nicht erklärt werden kann.

4. Die Ermüdungsempfindung. Die Ermüdung wird beschrieben als Schmerzgefühl nebst Unfähigkeit zu handeln. Diesen Schmerz bemerkt man klar beim Ausruhen von einem langen, ermüdenden Marsch. Man kann subjektive und objektive Ermüdung unterscheiden; ersteres ist die Empfindung, letzteres die ihr zu Grunde liegende Erschöpfung. Normal geht beides parallel; aber es kann auch getrennt sein. Ermüdungsempfindung ohne objektive Ermüdung macht den Menschen weichlich, arbeitsunfähig, erschlafft das Nervensystem, schädigt alle großen intellektuellen Leistungen, kann zu völliger Arbeitsunfähigkeit und Willenlosigkeit führen. Die Ermüdung ohne Ermüdungsempfindung verleitet zu Überanstrengung, führt zu einem überreizten Nervensystem und schließlich zu Neurasthenie (*Meumann*).

Die gewöhnlichen Äußerungen der körperlichen Ermüdung sind: starke Vermehrung und Vertiefung der Atemzüge, Beschleunigung der Pulsschläge, Erhöhung der Temperatur bis zum Schwitzen. Das Gefühl der Frische schwindet; die Gedanken werden langsam und eintönig; Schmerz in den arbeitenden Gliedern; schließlich versagen sie trotz aller Willensanstrengung. Ähnlich sind die Erscheinungen bei der geistigen Ermüdung: die Arbeitsleistung läßt nach, zunächst qualitativ, später auch quantitativ; die Ablenkbarkeit steigt. Die sinnliche Wahrnehmung vollzieht sich langsamer und ungenauer; man lernt langsamer, die Reproduktionen werden beeinträchtigt, die Phantasie wird ärmer. Endlich leidet selbst die Leistungsfähigkeit der willkürlichen Muskeln. Die Bewegungen werden langsamer, die Atemzüge flacher und rascher, später vertieft, der Puls steigert sich, Erhöhung der Temperatur, Kaltwerden der Füße. Es tritt Abneigung gegen die Arbeit ein, Erschöpfung, Verlangen nach Ruhe und Schlaf (*Offner*).

Die Pathologen stellten fest, daß die Ermüdung, körperliche wie geistige, das ganze Bewußtseinsleben abstumpft. Gewöhnlich schlägt sich die Ermüdung auf das ohnehin schwächste Sinnesorgan. So zeigte sich bei einem dann ausschließlich Farbenblindheit oder Verengerung des Gesichtsfeldes, beim andern Taubheit (*Galton*). Häufig ist Apathie; der Wille ist geschwächt; die Nachahmungstendenzen herrschen vor, die Suggestibilität ist größer. Es treibt zur Befriedigung von Bedürfnissen, zum Essen, Trinken, Rauchen usw., ohne daß dies alles Erholung bringt.

Die Ermüdung eines Teiles des Organismus strebt allgemein zu werden. Das wurde gezeigt durch den *Mosso*schen Ergographen. Es hebt darin der Mittelfinger ein Gewicht in bestimmtem Takt so lange, als es möglich ist; nach einiger Zeit werden die Hebungen immer kleiner und schließlich unmerklich. Diese Hebungen werden aufgezeichnet und liefern so das Ergogramm, dessen Leistung in Kilogrammmeter (*kgm*) leicht zu berechnen ist.

Mosso ließ jemand sein Ergogramm schreiben, darauf einen langen angestrengten Marsch ausführen und wieder das Ergogramm schreiben; dann gab das zweite eine kleinere Kraftleistung. Die Ermüdung der Beine hatte also auch die Finger ermüdet. Das liegt nicht etwa an der Ermüdung des Willens. Denn man kann die

Beugung des Fingers auch bewirken. indem man ihn elektrisch reizt; da zeigt sich aber derselbe Erfolg wie vorher.

Diese Eigenschaft benützt die Ermüdungsmessung der experimentellen Pädagogik. Die geistige Ermüdung mißt man entweder direkt, wenn man die Güte der Arbeit während der einzelnen Teile einer Rechenstunde vergleicht und den Abfall der Leistung auf die Ermüdung bezieht. Handlicher sind die indirekten Messungen. wobei man in die geistige Arbeit zu verschiedenen Zwischenzeiten eine körperliche Leistung einschiebt und an ihrer wachsenden Verschlechterung die geistige Ermüdung schätzt. So fand schon *Mosso,* daß die Leistung des Examinierens während mehrerer Stunden das Ergogramm von anfangs 5,7 auf 1,1 *kgm* am Schluß herabdrückte. Solche körperliche Leistungen, die als Ermüdungsmessungen dienen, werden wir im Verlauf der Psychologie noch manche kennen und würdigen lernen. Ihr Hauptmangel ist, daß der wirkliche Zusammenhang mit der geistigen Ermüdung oft unbekannt ist. Eine zwischengeschaltete Probe kann vielleicht als anregende Abwechslung erscheinen und dann unerwartet gut ausfallen, oder die geistige Ermüdung wirkt einmal erregend und steigert dann in irreführender Weise die körperliche Leistung. Das alles müßte erst eindeutig festgestellt sein, bevor man sich auf die Ermüdungsmessungen sicher verlassen könnte.

Die Ursache der Ausbreitung der Ermüdung über den Organismus liegt darin, daß die Ermüdung auf einer Bildung von giftigen Zersetzungsprodukten beruht, den Ermüdungsgiften. Diese werden durch den Blutstrom aus dem Muskel, der arbeitet, in die andern Organe verschleppt und ermüden diese. Besonders schön zeigte das *Mosso:* er ließ einen Hund bis zur Übermüdung stundenlang im Tretrad arbeiten; dann leitete er sein Blut in einen gesunden Hund über; sofort zeigte dieser alle Zeichen der Ermüdung. Natürlich führte er auch den Gegenversuch aus, daß er unter denselben Umständen das Blut eines nichtermüdeten Hundes überleitete, wo sich dieser Erfolg nicht zeigte. Ähnliche Ermüdungsgifte bewirkt auch die geistige Ermüdung. Zu dieser positiven Seite kommt außerdem noch die negative: des Verbrauchs der lebendigen Substanz.

Meumann beschreibt die Stadien der fortschreitenden Ermüdung: Nach längerer regelmäßiger Arbeit wird quantitativ mehr, qualitativ aber schlechter gearbeitet; dann kommt ein Stadium, wo auch die Quantität der Arbeit zurückgeht, in einem weiteren Stadium höchste Erschöpfung, die geistige Arbeit braucht immer mehr Anstrengung, die Körperbewegungen lassen nach. Endlich kann noch ein viertes Stadium der reizbaren Überregung eintreten, wo die Arbeit wieder quantitativ und qualitativ zunimmt, das Ermüdungsfieber, der Ermüdungsrausch, meist endigend mit geistiger oder körperlicher Erschöpfung. Hochgradige Ermüdung wird nur sehr langsam wieder ausgeglichen.

May Smith (1916) weist auf eine andere Unregelmäßigkeit hin: nach einer starken Ermüdung durch Verkürzung der Nachtruhe an mehreren aufeinander folgenden Tagen erwiesen die Prüfungen der ersten folgenden Tage keine Verschlechterung, sondern sogar eine Verbesserung. Erst nachher offenbarte sich die Ermüdung in einer lange dauernden Verschlechterung, die erst nach Wochen ausgeglichen war. All das weist auf die mannigfachen Fehlerquellen hin, die eine brauchbare Ermüdungsmessung zu berücksichtigen hat.

§ 2. Der Sitz der Organempfindungen.

1. Die Chirurgen fanden mitunter, daß die meisten inneren Organe für äußere Reize wenig oder gar nicht empfindlich sind.

Se berichtete *Lennander,* daß Darm und Blutgefäße gegen Druck, Schmerz- und Temperaturreize unempfindlich waren. Selbst kräftige Dehnungen des Darmes be-

wirkten keine Empfindungen; ebenso fühlten Kranke nicht die Kontraktion des Dünndarmes bei heftigster Peristaltik, also bei dem ganz natürlichen Reiz, den der Arzt von außen beobachten konnte. Als empfindlich zeigte sich in der Bauchhöhle bloß das Bauchfell, das alle Dehnungen und Verletzungen als Schmerz empfand. das Zwerchfell und die Knochenhaut, die sehr schmerzempfindlich ist. Für die intensiven Schmerzen der inneren Organe nimmt *Lennander* an, daß die krankhaften Prozesse durch Zug oder Dehnung das Bauchfell reizen, bei größerer Ausdehnung werde auch das Zwerchfell gedrückt. Dasselbe Prinzip verwendet er auch für andere Teile. So hält er auch die Lungen für unempfindlich, dagegen sei das Rippenfell schmerzempfindlich.

Diesen Behauptungen widersprachen *Meltzer* und *Kast,* die bei Hunden und Katzen deutliche Schmerzempfindlichkeit in den Bauchorganen fanden; der Darm sei normal schmerzempfindlich, entzündet übertreffe er sogar die äußere Haut an Empfindlichkeit. Nach *Ritter* rufen nahezu alle Eingriffe in die Bauchhöhle Schmerzen hervor. Gegen Kälte scheinen die inneren Organe unempfindlich, auf Wärme reagieren mehrere, so Darm und Magen, auf Elektrizität alle. Die widersprechenden früheren Befunde erklärt er dadurch, daß die angewandte Anästhesierung weiter griff, als beabsichtigt war, oder daß durch die Operation selbst eine zentrale Lähmung bewirkt wurde.

Meumann nimmt an, daß die Unempfindlichkeit der meisten inneren Organe nur gegen äußere Reize bewiesen sei, dagegen bei den natürlichen inneren Reizen unbestimmte Empfindungen vorhanden sind, welche bei Entzündungen auch sehr stark werden können.

2. Die physiologischen Erfahrungen waren anfangs ebenso negativ wie die chirurgischen. *E. H. Weber* hatte gefunden, daß die Kälte oder Wärme eines Getränkes nur im Mund gefühlt werde, nicht mehr in der Speiseröhre oder im Magen. *Becher* indessen stellte durch sorgfältige Versuche fest, daß die Speiseröhre ihrer ganzen Länge nach gegen Druck, Wärme, Kälte und elektrische Reize empfindlich sei. Sie gibt dieselben Empfindungen und bei stärkerer Reizung Schmerzen wie die Haut. Doch ist die Empfindlichkeit viel schwächer als dort. Die Lokalisation ist ziemlich sicher, Übung erleichtert diese Feststellungen. *Boring* (1915) bestätigte diese Ergebnisse für die Speiseröhre; er bestimmt die Schwelle für Wärme bei 40—47°; für die Kälte bei 35°, Hitze bei 60°, Wärmeschmerz bei 80°. Dagegen stellt er einen auffallenden Lokalisationsfehler fest: die Empfindungen werden von den unteren zwei Dritteln der Speiseröhre weiter nach unten verlegt, vom oberen Drittel mehr nach oben; vermutlich verlegen wir an diejenigen Stellen, wo ein äußerer Druck auch die Speiseröhre beeinflußen kann.

Beim Magen ergaben die Versuche *Bechers* kein positives Resultat. Er erklärt deshalb das Gefühl der Fülle aus einer indirekten Dehnung der Bauchwand. *Meumann* weist dagegen auf die Empfindungen des Brennens und der Wärme durch Pfeffer hin. Übrigens gelang es später auch *Becher,* bei Einspritzen von kaltem Wasser im Magen Kälteempfindungen nachzuweisen. *Boring* gelang es, durch Thermoelemente die Magentemperatur während der Versuche selbst zu verfolgen. Da fand er: Wärme wird vom Magen annähernd bei 40°, Kälte annähernd bei 30° empfunden. Diese Empfindung ist nicht etwa durch Reizleitung nach der Hautoberfläche zu erklären. Allerdings braucht der Reiz im Magen immer erst einige Zeit, bis er mit den Geweben in genügende Berührung kommt.

Auch für den Darm konnte später *Becher* Druck- und Kälteempfindung nachweisen; was mit den Ergebnissen anderer Forscher übereinstimmt.

Ein Chirurg teilte mit, daß er nach Darmoperationen sein Urteil nach dem Gefühl der Kranken aufstelle. Bei Gefühl des Wohlbefindens (Euphorie) sage er tödlichen Ausgang voraus, bei inneren Schmerzen und Depression dagegen guten Ausgang. Wenn die Heilung nämlich normal verläuft, so bleibt der Darm empfindlich, vermittelt Empfindungen gestörter Tätigkeit, daher das Unbehagen. Wenn dagegen das Darmgewebe abstirbt, fallen diese Empfindungen weg, deshalb fühlt der Operierte sich leicht und frei. Vielleicht hat die Euphorie der Lungenkranken einen ähnlichen Grund.

Das Auffallende an den Eingeweideempfindungen ist ihr periodisches Auftreten. Gewöhnlich merkt man nichts davon; für kurze Zeit machen sie sich in Hunger, Sättigung usw. bemerklich. Vermutlich spielen sie wegen dieses periodischen Charakters für die Zeitwahrnehmungen jene Rolle, welche die pathologischen Fälle zeigen. Auf den Zusammenhang des Gefühlslebens mit den Organempfindungen kommen wir zurück.

Daß der Kehlkopf empfindlich ist und ebenso die hinteren gröberen Luftwege, ist anerkannt. Unsicher ist es betreffend der feineren Verzweigungen der Luftwege, des Lungengewebes. Man kann manche Empfindungen auf das Rippenfell und die Atemmuskulatur beziehen. Doch neben den Empfindungen aus der Atemmuskulatur gibt es andersartige, die in der Tiefe der Lunge lokalisiert sind. Während die Muskelempfindung beim Ein- und Ausatmen auf- und abwogt, bleibt die Lungenempfindung oft auf gleicher Höhe, so bei den asthmatischen Empfindungen.

Auch bei der Herztätigkeit kann man an die Erschütterungen der äußeren Brustwand denken, doch erklärt das nicht alles. Die Empfindungen bei abnormer Herztätigkeit sind stark unlustbetont, was von der Erschütterung der Brustwand nicht gesagt werden kann. Sie treten auch sehr lebhaft auf, wenn die Herztätigkeit vermindert wird oder momentan aussetzt, und zwar im selben Moment, für eine Sekunde etwa. (Weiteres siehe bei *Meumann.*)

Sticht man sich in den Fuß, so empfindet man nirgendwo Schmerz als im Stichpunkt. Trifft aber ein schmerzhafter Reiz eine Stelle niedriger Empfindlichkeit, die zentral mit einer Stelle viel größerer Empfindlichkeit verbunden ist, so wird der Schmerz in dem Gebiet höherer Empfindlichkeit viel stärker gefühlt als in demjenigen, wo er eigentlich wirkt. Das läßt sich auf Organempfindungen anwenden. Die inneren Organe sind alle schwachempfindlich, und ihre Nerven stehen in enger zentraler Verbindung mit den Hautnerven. Deshalb werden diese Schmerzen oft unrichtig lokalisiert werden; im kranken Organ fühlt man nur einen dumpfen, matten Schmerz, den scharf stechenden Schmerz dagegen in der Körperoberfläche, die zu demselben Querschnitt gehört.

Siebtes Kapitel.

Die einfachen sinnlichen Gefühle.

Literatur. *Lehmann,* Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens, 1892, [2]1914. — *Nahlowsky,* Das Gefühlsleben, [2]1862. — *Ribot,* Psychologie der Gefühle, übersetzt 1903. — *Lehmann,* Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände, 3 Tle, 1899—1905. Vgl. auch sein Lehrbuch. — *Orth,* Gefühl und Bewußtseinslage, 1903. — *Stumpf,* Über Gefühlsempfindungen, in ZPs 44 (1907) 1 ff. — *N. Alechsieff,* Die Grundformen der Gefühle, in PsSd 3 (1907) 156 ff. — *Titchener,* Lectures on the elementary psychology of feeling and

attention, 1908. — *Külpe,* Zur Psychologie der Gefühle, in 6 InCgPs (1909) 183 ff.; ders.. Vorlesungen, 1920. — *Leschke,* Die körperlichen Begleiterscheinungen seelischer Vorgänge, in ArGsPs 21 (1911) 435 ff. — *W. Bickel,* Die wechselseitigen Beziehungen zwischen psychischem Geschehen und Blutkreislauf usw., 1916. — *E. Küppers,* Über die Deutung der plethysmographischen Kurve, in ZPs 81 (1919) 129 ff. — *L. Cellerier,* Des réactions organiques accompagnant les états psychologiques, in ArPs(f) 17 (1919) 257 ff. — *A. Wohlgemuth,* Pleasure-Unpleasure, in BrJPs, Mongr. Suppl. 6 (1919).

§ 1. Allgemeine Charakteristik der Gefühle.

1. Das elementare Gefühl ist das Element der Gemütsbewegungen, wie wir sie in den Affekten des Zornes, der Furcht, der Liebe usw. aus der Erfahrung kennen, und zwar ist es das emotionale Element; z. B. die Annehmlichkeit, welche mit dem süßen Geschmack verbunden ist. Das Gefühl ist der Gattungsname für Zustände wie Lust und Unlust. Das Wort kann entweder in weiterem Sinn den Gesamtzustand bezeichnen, in dem etwa auch das Lustelement vorkommt; das geschieht besonders dann, wenn im Komplex das emotionale Element vorherrscht. So spricht man vom Gefühl des Hungers, der Müdigkeit, dem Schmerzgefühl, besonders aber bei Affekten vom Gefühl der Hoffnung, des Mitleides usw. Oder das Wort bezeichnet das rein emotionale Element unter Abstraktion von den Vorstellungen. Wir nehmen hier gewöhnlich das letztere. Das so verstandene Gefühl zeigt sich als etwas mehr Subjektives. (*Becher*) Alle andern Bewußtseinsvorgänge sind den Gefühlen gegenüber gleichgültig, kalt, neutral. Die Gefühle haben eine besondere Lebenswärme, eine anreizende Rolle für das Wollen, eine enge Beziehung zum Nutzen oder Schaden des Organismus.

Die heutige Begriffsbegrenzung des Wortes Gefühl in der empirischen Psychologie schränkt den früheren Sprachgebrauch ein. Die gewöhnliche Sprache gebraucht Gefühl und Empfindung häufig gleichbedeutend. spricht von Wärmegefühl, Empfindsamkeit usw. Die Klarheit gebot, in der wissenschaftlichen Sprache beides zu scheiden. Da nun Wärme, Kälte, Berührung in dieselbe Gattung von Erkenntnissen gehören wie Ton, Farbe, Geschmack, auf die ungezwungen der Ausdruck Empfindung anwendbar ist, so wurde die Empfindung zur Erkenntnisklasse gezogen, das Wort Gefühl auf die mehr subjektiven Zustände beschränkt (*Höfler*). Eine eingehende Darlegung der Entwicklung der Worte Gefühl und Empfindung gibt *Orth.*

2. Die Erkenntnisgrundlage des Gefühls. Das Gefühl wird nicht wie die Empfindung unmittelbar durch einen äußeren Reiz erregt, sondern setzt eine Empfindung, Vorstellung voraus, an die es geknüpft ist. Die Furcht, die Freude setzt etwas voraus, vor dem ich mich fürchte, über das ich mich freue. Diese Erkenntnisvoraussetzung heißt der Gegenstand des Gefühles, seine Teilursache; sie macht mit dem Gefühl einen innerlich zusammenhängenden Komplex aus. Die Bewertung des Gefühls hängt von der Bedeutung dieser Vorstellung ab. Die Liebe zu den Kindern mit ihrem reichen Inhalt bedeutet natürlich etwas wesentlich Höheres als die noch so intensive Lust an einer Farbe. Auch kann ein Gefühl um so vollkommener wiedererzeugt werden, je klarer seine Erkenntnisgrundlage erneuert wird. Eine packende Wiedererzählung eines Ereignisses kann dieselben starken Gefühle wecken wie das ursprüngliche Erleben.

Aber wenn das auch der normale Verlauf ist, so ist damit doch noch nicht die Frage entschieden, ob nicht ausnahmsweise ein Gefühl auch unabhängig von jedem Erkenntniselement vorkommen kann. *Lehmann* leugnet es; ebenso *Witasek*. Man dürfe nicht sofort das Objekt verkennen, wenn etwa der Gegenstand zu unbestimmt ist, oder weil es an einem vernünftigen Grund fehlt. Wenn man in Weinlaune alles rosig findet, so haben diese Lustgefühle ihre Anlässe im Bewußtsein, nur sind diese untergeordneter Art, so daß sie gewöhnlich nicht so wirken würden. Auch kann ja die Ursache in einer unbemerkten Vorstellung liegen, die erst nach einiger Zeit klarer wird.

Dagegen hält *Österreich* (Phänomenologie des Ich, Kap. 8) Gefühle, denen kein Objekt zu Grunde liegt, in pathologischen Fällen durchaus für erwiesen. Es gibt pathologische Angstzustände, die inhaltlos sind, wie *Oppenheim* und *Störring* berichten. Das wird so oft bezeugt, daß die Berufung auf ein zu Grunde liegendes unbemerktes Urteil Tatsachen wegdeuten hieße. Wir können weiter Affekte in den ersten Anfängen in einem gewissen Grad willkürlich erregen, ohne dabei an einen Inhalt anzuknüpfen, besonders durch willkürliche Hervorrufung körperlicher Affektäußerungen.

Becher erinnert übrigens an die normale Stimmung, die oft keinen Bewußtseinsanlaß mehr zeigt; wenn sie auch nachträglich sich auf jeden Anlaß stützt. Oft sind Organempfindungen die Ursache, wie bei der Stimmung Magenkranker, bei der Katzenjammerstimmung, wo die Ursache sicher nicht als Objekt des Gefühles gelten kann. Auch die Gefühlsübertragung beweist, daß man die Unselbständigkeit des Gefühls nicht übertreiben darf.

Als Hauptformen dieser reinen Gefühlszustände findet *Ribot* vier: einen angenehmen Zustand, wie beim Wohlbefinden Schwindsüchtiger; einen unangenehmen Zustand, in der Entwicklungszeit der meisten Geisteskrankheiten, meist ein Gefühl unbestimmter Traurigkeit, das grundlos erscheint; eine grundlose Furcht; und endlich eine dem Zorn verwandte Erregbarkeit.

Genauer betrachtet, ist der Gegensatz in diesen Behauptungen nicht so groß, wie er zunächst erscheint. Einmal wird nicht geleugnet, daß der natürliche und normale Zusammenhang in der Tat für die Gefühle ein Objekt, eine Erkenntnisgrundlage fordert. Wieder kommen alle darin überein, daß diese Erkenntnisgrundlage nicht der logisch verständliche Grund für das Gefühl zu sein braucht; schon normal ist die Lust aus der Empfindung süß nicht etwa logisch ableitbar; und so wird zugegeben, daß die Empfindungen bei den psychologisch unmotivierten Gefühlen höchstens Anlässe seien. Daß aber bei diesem Anlaß dieses Gefühl und besonders in solcher Stärke auftritt, liegt durchaus an der körperlichen Ursache, dem Alkohol, der Krankheit. Mehr verlangt aber *Ribot* eigentlich nicht. Ob hierbei immer notwendig ist, daß Empfindungen irgendwelcher Art dem Gefühl vorausgehen, oder die Gefühle ganz selbständig existieren können, ist dann von geringerer Bedeutung; an irgendwelchen gleichzeitigen Empfindungen wird es wohl in keinem Augenblick fehlen.

3. Eine Grundeigenschaft der Gefühle ist nach *Wundt* ihre Polarität: das Gefühl bewegt sich zwischen zwei Gegensätzen, die sich verhalten wie positive und negative Größen und unmittelbar als solche aufgefaßt werden; sie sind durch einen Nullzustand ineinander überführbar. Besonders offenbar ist das bei Lust und Unlust. Damit ist nicht etwa bloß gemeint, daß sich Lust und Unlust gegenüber demselben Objekt ausschließen (*Lehmann*). Das tun auch Streben und Widerstreben, die nicht zugleich auf dasselbe Objekt gehen können; und doch ist

Widerstreben keine neue Qualität, sondern einfach Streben, nur gerichtet auf die Abwesenheit des Objektes. Auch ist nicht (*Külpe*) die gegensätzliche Beziehung zum Willen gemeint; das ist nur eine Wirkung. Der Gegensatz liegt vielmehr unmittelbar in den Zuständen selbst, daß die Unlust subjektiv betrachtet von Lust weiter entfernt ist als das bloße Fehlen der Lust.

Bei Empfindungen besteht keine derartige Polarität. Töne haben der Stärke nach wohl größte Unterschiede, aber keinen Gegensatz durch Null hindurch, ebensowenig ihrer Qualität nach. Die sogenannten Gegenfarben erscheinen subjektiv nicht als entgegengesetzt. Es ist nur physiologisch begründet, daß nicht alle beliebigen Mischungen zwischen ihnen vorkommen. Auch Wärme und Kälte zeigen in Wirklichkeit nur einen Qualitätsunterschied, nicht einen subjektiven Gegensatz. Es ist physiologisch bedingt, daß gewöhnlich eine bestimmte Temperatur nur einen der beiden Sinne erregt und zwischen ihnen eine Indifferenzzone besteht. Ähnliches läßt sich von vielen andern Gegensätzen sagen, welche die Sprache aufstellt: hart und weich, leicht und schwer usw. Sie deuten eher auf größtmögliche Unterscheidung der Intensität, oder, wie *Wundt* annimmt, ihr scheinbarer Gegensatz beruht wohl eher auf der Verbindung mit entgegengesetzten Gefühlen, zwischen der angenehmen Wärme und der unangenehmen Kälte usw.

§ 2. Gefühl und Empfindung.

1. Nach einer ersten Auffassung wäre das Gefühl nichts anderes als eine Eigenschaft der Empfindung. Neben Qualität, Intensität, Dauer, Ausdehnung hat jede Empfindung noch den Gefühlston. Ausdrücklich fassen es so *James Mill*, *Bain*; *Nahlowsky* nennt es Ton der Empfindung. Nach *Brentano* soll es etwas Ähnliches sein, wenn *Aristoteles* sagt, daß die Lust als Vollendung des Aktes spezifisch verschieden sei, je nach der spezifischen Verschiedenheit des Aktes. Neuestens vertritt *Ziehen* dasselbe. — Ausführlich hat *Külpe* diese Ansicht widerlegt.

a) Im Gefühl sind wieder dieselben Eigenschaften zu unterscheiden wie bei der Empfindung, auch das Gefühl hat Qualität, Intensität, Dauer. Da ist es aber unzulässig, das Gefühl als eine bloße Eigenschaft der Empfindung aufzufassen; es zeigt sich vielmehr als ein Zustand derselben Ordnung wie die Empfindung selbst.

b) Für alle andern Eigenschaften der Empfindung gilt, daß sie unaufhebbare Merkmale der Empfindung sind. Wird eine von ihnen zu Null, so wird es die ganze Empfindung; eine Empfindung kann nicht die Qualität 0, die Intensität 0, die Ausdehnung 0 haben (wenn sie überhaupt ihrer Natur nach Ausdehnung zuläßt). Dagegen kann die sogenannte Eigenschaft des Gefühlstones der Empfindung völlig verloren gehen, ohne die Empfindung zu berühren.

c) Die Empfindung ist nichts außer den drei bis vier Merkmalen, durch die sie völlig bestimmt wird. Das Gefühl bringt nichts hinzu, was erst das Wesen der Empfindung vollendete. Es verhält sich vielmehr ganz ähnlich, wie wenn zu einer schon völlig definierten Druckempfindung noch eine Wärmeempfindung hinzuträte.

Wir müssen also das Gefühl als einen eigenen Bewußtseinszustand auffassen, von ähnlicher Selbständigkeit wie die Empfindung, an die es sich anschließt, mit eigenen Eigenschaften, Qualität, Intensität, Dauer, die den Eigenschaften der Empfindung nicht zu entsprechen brauchen. Das Gefühl ist selbständig veränderlich, kann von einer Empfindung auf eine andere

übertragen werden, wie noch zu zeigen ist. Das hindert natürlich nicht, von einem positiven oder negativen Gefühlston zu reden, von lustbetonten oder unlustbetonten Empfindungen.

2. Nicht selten waren die Versuche, das Gefühl in intellektualistischer Weise einer Erkenntnis des Nutzens oder Schadens gleichzusetzen und so aus der sinnlichen Sphäre herauszuheben.

Zu dieser Anschauung mag mitgeholfen haben, daß man auch sonst leicht in der Sprache Gefühl mit dunkler intellektueller Erkenntnis vermengt. Sachlich ist zu antworten, daß ein Wissen um Nutzen oder Schaden das Streben bestimme und zur Lust am Besitz führe, ist wenigstens für die höhere Erkenntnis richtig; für die sinnliche wäre selbst das zu viel. Das unmittelbare Bewußtsein sagt mir nichts davon, daß das Angenehme der süßen Speise, das Unangenehme der bittern eine Bedeutung für den Organismus habe.

Aber noch unannehmbarer wäre es, das aus dem Bewußtsein bekannte elementare Erlebnis der Lust in die prosaische Erkenntnis einer Beziehung zu verflüchtigen. Ähnliche Schiefheiten liegen in einer Definition wie: die Lust sei der psychische Zustand, der das Gelingen eines Begehrens begleite, oder in der Gleichsetzung der Lust mit dem Festhalten des erreichten Gutes. Die Lust kann dem Begehren ja auch vorausgehen, wie bei der Annehmlichkeit einer Empfindung, die ich passiv zum erstenmal erfahre. — Auf die Gleichsetzung mit der Erkenntnis des Nutzens geht es auch zurück, wenn *Nahlowsky* im Sinn *Herbarts* das Gefühl definiert als das unmittelbare Innewerden der Hemmung oder Förderung unter den eben im Bewustsein vorhandenen Vorstellungen. Natürlich wird dieser Ansatz dem Gefühle bei einer einzelnen Empfindung nicht gerecht. Auch ist die Hemmung oder ihre Erkenntnis kein Gefühl, sondern nur eine der vielen Ursachen, die ein Gefühl wecken können.

3. Häufiger sind die Versuche gewesen, die einfachen Gefühle als eine besondere Art Empfindungen den übrigen Empfindungsklassen gleichzuordnen. Lust und Unlust zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit den Organempfindungen. Hier ist besonders *Stumpfs* Lehre von den Sinnesempfindungen zu besprechen.

Stumpf unterscheidet wie das allgemein geschieht, die sinnlichen Gefühle und die Gemütsbewegungen, wie Freude, Zorn, Trauer. Die Eigenart der letzteren erkennt er durchaus an. Dagegen erscheinen ihm die sinnlichen Gefühle (wozu er rein körperlichen Schmerz, das körperliche Wohlgefühl im Kitzel, die Annehmlichkeit und Unannehmlichkeit, die sich an Empfindungen anschließen, rechnet) als eigene Empfindungsklasse, als zentrale Mitempfindungen. Unter den Begründungen wird angeführt: Wenn die Gefühle eine Art Empfindung sind, dann werden sie sich in ganz gleicher Weise durch Assoziationen verbinden und trennen lassen, reproduziert werden können usw. wie andere Empfindungen. Der Zustand der Analgesie ist dann einfach der Ausfall der Schmerzempfindungen. Es ist ferner leicht begreiflich, daß Empfindung und sinnliches Gefühl nicht immer zeitlich zusammenfallen, daß bei einer Empfindung das Gefühl ganz fehlen kann.

Indessen zeigen diese Gründe höchstens, daß das Gefühl mehr ist als eine bloße Eigenschaft der Empfindung. Es ist nicht zu sehen, warum Gefühle als eigene Bewußtseinszustände nicht ebensogut durch Assoziationen aneinander gekettet werden können wie Empfindungen, insoweit überhaupt diese Tatsache besteht. Deshalb macht die unabhängige Veränderlichkeit der Gefühle keine Schwierigkeit; noch weniger das Vorkommen der Analgesie für sich allein, da ja nach allgemeiner Annahme der Schmerzsinn eine wahre Empfindungsklasse ist.

Stumpf selbst gibt zu, daß es um seine Ansicht bedenklich stehen würde, wenn sich nachweisen ließe, daß dieselben Nerven bald schmerzlose Stichempfindungen, bald Schmerz geben. Wir haben aber früher gesehen, daß dieses in der Tat gilt.

Manche der Gründe *Stumpfs* ließen sich übrigens gegen die Gemütsbewegungen wenden, z. B. daß sie aus körperlicher Ursache ausfallen können. Mit Recht weist *Külpe* auch darauf hin, daß die Klasse der Gefühlsempfindungen so starke Verschiedenheiten von sonstigen Empfindungen aufweist, daß sie eigentlich nur den Namen von Empfindungen gemeinsam hätten; daß hier allein das Sinnesorgan fehlt, daß sie nicht wie sonstige Mitempfindungen nur bei abnormer Intensität, sondern auch bei schwacher sich anschließen und zwar an alle anderen Empfindungen usw.

4. Danach müssen wir die sinnlichen Gefühle als eigene Klasse den Empfindungen gegenüberstellen. Einige ihrer Sondereigenschaften haben wir schon kennen gelernt: die eigentümliche Wärme, daß sie wenigstens normal eine Erkenntnisgrundlage verlangen, den eigenartigen Gegensatz zwischen Lust und Unlust. Aus diesen und sonstigen Eigenschaften versuchen wir nun zum Wesen des Gefühls vorzudringen, die letzten Kriterien kennen zu lernen, die sie von den Empfindungen sondern.

a) Der erste und wohl wichtigste Gesichtspunkt, der das Gefühl von der Empfindung abgrenzt, ist seine Subjektivität. Solange man das Fühlen dem Erkennen und Wollen als eigentümliche Bewußtseinsvorgänge gegenübergestellt hat, sah man hierin das Wesen des Gefühls. Im Erkennen liegt der Grundzug der Gegenständlichkeit; objektiv ist es ja ein Abbilden des Gegenstandes, gewissermaßen ein zentripetaler Prozeß; im Wollen liegt ein Drängen zum Objekt hin, im Gefühl dagegen etwas in besonderer Weise Subjektives.

Hamilton: Bei der Erkenntnis unterscheidet das Bewußtsein ein erkanntes Objekt vom erkennenden Subjekt, beim Gefühl nicht. Ähnlich versteht *Wundt* unter den Gemütsbewegungen die Inhalte des Bewußtseins, die unmittelbar auf den Zustand des Subjekts bezogen werden. *Lipps:* Gefühle sind Qualitäten des unmittelbar erlebten Ich. Ihr Gegensatz sind die gegenständlichen Erlebnisse, Empfindungen, Wahrnehmungen, Gedanken. Ich empfinde die Wand rot, das Empfundene ist ein Objektives, mir Gegenübergestelltes, von mir Verschiedenes. Dagegen ich fühle mich traurig, lustig usw. *Lehmann:* Die Gefühle werden nie als Eigenschaften der Dinge aufgefaßt, die Schönheit nicht als eine der Blume anhaftende Lust: sie sind in hohem Grad subjektiver als die Empfindungen. *Schultze:* Die Gefühle erscheinen dem Ich unmittelbar zugehörig; die Ichnähe ist ihnen eigentümlich. Die Lebensnähe des Gefühls, sein positiver oder negativer Selbstwert fehlt auch den Organempfindungen. Auch nach *Ebbinghaus-Bühler* ist die Subjektivität des Gefühles nicht widerlegt.

Zu größerer Klarheit über dieses oft angefochtene Kriterium wird es beitragen, wenn wir andere mögliche Bedeutungen der Subjektivität gegen die von uns als entscheidend aufgestellte abgrenzen. 1) Natürlich kann mit Subjektivität nicht der jedem psychischen Vorgang eigentümliche Grundzug gemeint sein, daß er nur seinem Besitzer unmittelbar wahrnehmbar ist, innerhalb der Grenzen dieses Bewußtseins abgeschlossen. Darin unterscheiden sich Gefühl und Erkenntnis nicht.

2) Auch innerhalb der psychischen Welt besteht ein Unterschied von subjektiver und objektiver Erkenntnis, deren Beispiele Vorstellung (Halluzination) und Wahrnehmung sind, je nachdem das Erkannte auch real in sich besteht oder nur bildhaft im erkennenden Akt. Das ist der erkenntnistheoretische Gegensatz von objektiv und subjektiv.

Auch diese Subjektivität, die Vorstellung und Gefühl gemeinsam wäre, meinen wir wieder nicht, sondern eine andere, die keiner Erkenntnis zukommen kann. Jede Erkenntnis bleibt nämlich ihrem Wesen nach in einem wahren Sinn objektiv. Erkennen heißt nämlich immer: einen Gegenstand dem betrachtenden Ich gegenüberstellen; auch wenn, wie in der Phantasievorstellung ein ähnliches Objekt in der Außenwelt fehlt, so liegt es wenigstens im erkennenden Akt als immanentes Objekt vor. Ich erkenne immer notwendig etwas. Im Erkennen liegt eine Zweiheit, ein Sichverähnlichen des Ich gegenüber dem abgebildeten Inhalt. Diese objektive Seite nun fehlt im Gefühl (wobei von der gleichzeitigen Erkenntnis des Gefühls abgesehen wird. Es ist kein Abbilden von etwas, wenn auch bloß subjektiv Phantasiertem; es folgt vielleicht auf eine Erkenntnis, aber als subjektive Reaktion des Ich; es ist jenes passiv ruhende Ergriffensein des Subjektes in bestimmter Weise. Erkenntnis und Streben haben wesentlich ein Objekt, das Gefühl nicht, sondern normalerweise nur eine Erkenntnisvoraussetzung, wie die Existenz objektloser Gefühle beweist.

3) Es ist kein neuer Einwand, daß wir auch vom Denken sagen, es sei subjektiv (*Külpe*); dasselbe können wir selbst vom Sehen sagen, vom Wollen, überhaupt von allen Akten, die alle Eigenschaften des Ich sind. Das führt einfach auf eine Grundeigentümlichkeit alles Psychischen zurück (S. 21). Das hat aber nichts mit unsrer gegenwärtigen Entscheidung zu tun, daß einigemal das Ich sich auf einen andersartigen Inhalt abbildend bezieht, andere Male, wie eben im Gefühl, nicht.

4) Tiefer greift der Einwand, der die Organempfindungen den Gefühlen gleichstellt. Wie man sagt: „ich bin froh", so sagt man ja auch: „ich bin hungrig, müde, frisch, erregt" (*Messer*). Auf die Antwort von *Lipps,* die Organempfindungen würden nur auf das Körper-Ich bezogen, entgegnet *Külpe:* das stimmt nicht bei Frische und Ermüdung, Spannung und Erregung. Auch wird im Schmerz die Unlust auf den Körper bezogen, das Gefühl nimmt an der Lokalisation der Empfindungen teil. Beide sind vom Gesamtzustand des Organismus abhängig; die Ermüdung kann durch frohe Nachricht verdrängt werden, Vorstellungen den Appetit wecken usw. — Dagegen: von der Lokalisation können wir hier absehen; wenn Gefühl und Empfindung an denselben Ort verlegt werden, so ist damit nichts über ihre Ähnlichkeit entschieden. Ebensowenig entscheidet darüber etwas die Tatsache der gegenseitigen Förderung oder Hemmung. Diese gilt von den verschiedenartigsten Erlebnissen, von Hören, Urteilen, Streben. Was nun den Haupteinwand angeht, so ist die bloße Redensart „ich bin froh" oder „ich bin hungrig" allerdings nicht entscheidend. Wir sagen auch: „ich bin warm, kalt". Die Frage ist nur die, ob die Organempfindungen in eine Summe von Erkenntnissen aufgelöst werden können, wenn auch nur am eigenen Körper (das heißt die Beziehung auf das Körper-Ich), oder nicht. Bei Lust und Unlust ist das sicher unmöglich. Sie lassen sich in keine Art von Empfindungen, von Erkenntnissen von etwas anderem auflösen. Ob dasselbe von andern sogenannten Organempfindungen gilt, ist eine Streitfrage, auf die wir zurückkommen. Sollte dieser Streit so geschlichtet werden, daß von Erregung usw. dasselbe gilt, wie von Lust, dann würde eben nur folgen, daß sie auch Gefühle zu nennen sind, daß die vorher definierte Subjektivität auf sie auszudehnen ist.

Österreich (Kap. 3): Es ist immer die gleichzeitige Gefühlserregung, die die Täuschung hervorruft, als wenn die Empfindung zur Zuständlichkeit des Ich gehörte. Bei den Körperempfindungen stellt sich die Aufmerksamkeit besonders auf Gefühle ein, da sie gerade deswegen, nicht wegen der Erkenntnis, interessant sind.

b) Eine Reihe anderer Eigentümlichkeiten würden für sich genommen keinen entscheidenden Gegensatz begründen, sondern nur eine große Verschiedenheit. Bei den Gefühlen fehlt der Unterschied zwischen peripher und zentral erregten Zuständen; die letzteren stehen den ersteren an Intensität nicht notwendig nach. Die Reproduktionen von Lust und Unlust können normal halluzinatorische Stärke annehmen. Wie *Külpe* ausführt, ist dieser Gegensatz zweckmäßig: wären die Vorstellungen unter normalen Umständen empfindungsstark, so würde dadurch unsere Wahrnehmung beständig verfälscht; wären dagegen die an Vorstellungen sich anknüpfenden Gefühle bloß schwache Abbildungen der früheren, so kämen sie als Motive für das Handeln kaum in Betracht. Die Lust über die Gegenwart wäre dann immer im Vorteil.

Ladd wendet ein, vorgestellte Lust sei unvergleichbar mit wirklicher Lust. Offenbar wird damit der Sinn der gegenwärtigen Behauptung verkannt. Gewiß gibt es eine „rein vorgestellte Lust“, wenn man sich nur an die Tatsache einer früheren Lust denkend erinnert, wobei das gegenwärtige Gefühl äußerst schwach sein kann. Aber daneben ist immer eine „reproduzierte Lust“ möglich, wenn durch Ausmalen des früheren Lustanlasses in der Vorstellung nun ein echtes, starkes Gefühl aufflammt. Gerade das letztere behaupten wir als Eigentümlichkeit des Gefühls. — *Külpe* nennt es das Kriterium der Aktualität. Daß hiermit nicht das Wesen des Gefühls getroffen wird, sieht man schon daran, daß diese Eigentümlichkeit auch andern psychischen Vorgängen nicht fehlt; die Evidenz des Urteils, die Stärke des Strebens, die Spannung und Erregung, die an innerlich erneuerte Affekte sich knüpfen, sind von einer ähnlichen „aktuellen“ Höhe. Der Grund wird also ein allgemeinerer sein.

c) Gleiches gilt von dem zweiten der Kriterien, die *Külpe* allein gelten läßt, dem der Universalität ihrer Ursachen: die Gefühle haben kein bestimmtes anatomisches Substrat, keine spezifischen Reize, sondern können sich an alle beliebigen Empfindungen, ja an alle möglichen seelischen Vorgänge anschließen. Diese Eigenschaft ist bei höheren Prozessen, wie Urteil, Willensakt weniger verwunderlich, als bei den sinnlichen Gefühlen, bei denen man doch eine physiologische Ursache erwartet. Diese wird dann wohl eine allgemeine Formaleigenschaft sein, die sich bei allen Nerven wiederholen kann.

d) Sehr allgemein wird auch den Gefühlen die Eigenschaft zugeschrieben, daß sich die Aufmerksamkeit nicht direkt auf sie richten darf, ohne sie zu hemmen: nur durch Beachtung ihrer Erkenntnisgrundlage nehmen sie zu. Auch diese Eigenschaft wird andern Vorgängen, wie besonders den Gemütsbewegungen, Strebungen usw. zugeschrieben und weist damit auf eine allgemeinere Ursache in den Aufmerksamkeitsgesetzen hin. — Die andere Eigenschaft, daß das Gefühl den ganzen Menschen in Anspruch nimmt, gilt mehr für das Gemeingefühl, als für das einzelne. — Darüber, sowie über die Lokalisierung der Gefühle werden wir erst später abrechnen können.

§ 3. Die Arten der Gefühlselemente.

Wir behandeln hier noch nicht die Gesamtgefühle in ihrer reichen Verschiedenheit, sondern nur die niedersten Gefühlselemente. Nachdem wir ihren gemeinsamen Wesenszug festgestellt haben, sind sie nunmehr in ihren Verschiedenheiten und Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben.

Schon auf einfachste Gefühlskomplexe finden verschiedene Teilungen von *Külpe* gelegentlich Anwendung: a) Einzel- und Gemeingefühle: erstere sind

an bestimmte einzelne Inhalte, z. B. Empfindungen, gebunden; letztere sind umfassender, allgemeiner, färben das ganze Bewußtsein;

b) aktive und passive Gefühle, je nachdem sie mit Erregung des Organismus verbunden sind oder mit Ruhezuständen;

c) Schock und Stimmungsgefühle: entweder starke Aufwallungen des Gefühles, die rasch entstehen und vergehen, oder Dauergefühle.

Fassen wir die emotionalen Elemente, die Gefühle, die sich an Empfindungen anschließen, ins Auge, so ist unsre erste Frage, wie viele solcher Elemente gibt es.

1. Die Zahl der Gefühlsdimensionen. Die meisten Psychologen betrachten als einzige sinnliche Gefühle Lust und Unlust. So *Ziehen, Ebbinghaus, Lehmann, Höfler, Külpe, Titchener, Störring, Messer, Wohlgemuth* u. a., eine Meinung, die übrigens in der älteren Psychologie herrschend war. Dem steht *Wundt* und seine Schule gegenüber. Er betrachtet Lust und Unlust zwar als die klarsten, besonders bei den niedern Empfindungen vorherrschenden Gefühle. Dagegen finden sich bei den höheren Empfindungen auch andere. So wecken alle reinen Spektralfarben starke Gefühle, das Rot wirkt dabei erregend, das Blau beruhigend. Ähnlich haben die tieferen Töne eine ernstere Stimmung, die höheren eine erregtere, lebhaftere. Ein dritter Gefühlsgegensatz ist nach *Wundt* derjenige zwischen Spannung und Lösung. Man bemerkt das Gefühl der Erwartung deutlich, wenn man auf die Schlagfolge eines Metronoms lauscht. Da steigt in den Pausen die Spannung an, bei langen Pausen peinlich stark. Beim Eintritt des erwarteten Ereignisses dagegen haben wir die Lösung.

Danach bilden die elementaren Gefühle eine dreidimensionale Mannigfaltigkeit, da sie unabhängig voneinander veränderlich sind. Da es einen Zustand gibt, wo gar kein Gefühl vorhanden ist, muß der Nullpunkt aller gemeinsam sein.

Man kann sie also graphisch darstellen durch ein Raumkoordinatensystem mit gemeinsamem Ursprung. Jede Achse steht für einen Gefühlsgegensatz; jeder Punkt des Raumes bedeutet eine bestimmte Verbindung der drei Gefühlsreihen. Eine andere Darstellung des Gefühles berücksichtigt seinen zeitlichen Verlauf; man stellt jede Gefühlsreihe in ihrer Abhängigkeit von der Zeit dar und legt die drei Gefühlskurven untereinander, so daß die Zeit die gemeinsame Abszisse ist.

In der Annahme von mehreren Gefühlsdimensionen stimmen mit *Wundt* z. B. auch *Lipps, H. Maier, Ribot, Vogt* und neuerdings *Osterreich* überein. Letzterer verweist auf die Beschreibung der Farbenwirkung auf das Bewußtsein bei *Goethe,* die eine erhebliche Anzahl von Gefühlsrichtungen einschließe. Besonders oft wird Aktivität und Passivität als Gefühlsgegensatz genannt. Wenn *Lipps* übrigens in die Gegenstandsgefühle auch die Eindrücke des Spitzen, Breiten, Langsamen einreiht, so sind das offenbar uneigentliche Gefühle im Sinne dunkler Erkenntnisse, die sich bisweilen nicht auflösen lassen (*Külpe*).

Die Anhänger der „Lust-Unlusttheorie" leugnen nicht, daß die Farben, Töne usw. in der Tat Erregung, Beruhigung bewirken, sondern nur, daß dies Gefühle sind und nicht vielmehr Organempfindungen; sie würden zwar nicht auf bestimmte Organe lokalisiert, aber doch als körperliche Zustände empfunden. — Die Entscheidung ist dadurch erschwert, daß über die Kriterien des Gefühls keine Einigkeit herrscht. Deshalb läßt sich hier nur tastend und mit Wahrscheinlichkeit vordringen. Einleitend kann man

sagen, daß die ältere Anschauung, die auch heute noch von der überwiegenden Anzahl der Forscher vertreten wird, zunächst im Besitzstand ist, bis das Gegenteil erwiesen ist.

Für die Ansicht *Wundts* wird besonders vorgebracht:

a) Diese drei Gefühlspaare erscheinen als die letzten Elemente aller Gemütsbewegungen. *Orth* antwortet darauf: Die Affekte enthalten als wesentliche Bestandteile Gruppen von Organempfindungen, Wahrnehmungen, Erinnerungen. Der Affekt ergreift das ganze Sein des Menschen. Eine Einteilung der Affekte nach den drei Gefühlsrichtungen braucht deshalb nicht notwendig auf den Verschiedenheiten der Gefühle zu beruhen. — Das ist sicher richtig. Immerhin scheint der angeführte Grund nicht ganz entwertet. Man mag es unwahrscheinlich finden, daß dasjenige, was eigentlich den Affekt zum Affekt macht. die innere Erregung, das Stürmen, selbst ein bloßes Erkenntniselement sei. Der Lust- oder Uulustton dieses inneren Stürmens ist ja oft nebensächlich, kann selbst fehlen. Da müßte man also von einem Affekt ohne Gefühl reden; und doch sollte man meinen: einem solchen Affekt fehle es an Lebenswärme, an Ergriffensein wirklich nicht! Die Lust-Unlusttheorie wird da sagen müssen, das Wesen des Affektes bestehe nicht im Gefühl, sondern in gewissen Erkenntnisarten (Organempfindungen), ihren formalen Eigenarten usw.

b) Eine experimentelle Bestätigung sah die *Wundt*sche Schule in den Gefühlskurven. So will *Brahn* für jede Gefühlsdimension eine verschiedene Pulsveränderung gefunden haben, für jedes Paar entgegengesetzt; ähnlich *Alechsieff.* Mit Recht entgegnet *Orth:* Selbst wenn die Kurven anerkannt werden, was andere bestreiten, ist dadurch nicht bewiesen, daß diese Zustände Gefühle sind. Auch die physiologischen Begleiterscheinungen der Muskelspannung und -entspannung sind entgegengesetzt, ohne etwas über deren Gefühlscharakter auszusagen. *Lehmann* prüfte übrigens die experimentellen Untersuchungen von *Gent* nnd *Brahn* nach und findet darin keine Stütze der dreidimensionalen Gefühlstheorie (Die körperlichen Äußerungen III). Dieser Grund scheidet also aus.

c) Die Entscheidung läge zweifellos darin, daß bei Selbstbeobachtung geschulte Beobachter Beschreibungen lieferten, welche die genannten Gefühlsarten eindeutig als Gefühle erwiesen. Auch in diesem Punkt stehen sich die Forscher schroff gegenüber. *O. Vogt* will im Hypnotismus die sechs Gefühle nachgewiesen haben. Aber bei Hypnotischen ist die Suggestion des Versuchsleiters eine bedenkliche Fehlerquelle. Auch begnügte er sich für den Ansatz eines Gefühles mit dem zweifelhaften Kriterium der Nichtlokalisierbarkeit. — *Orth* findet aus den Protokollen seiner Versuche das Gegenteil.

Lehmann schließt aus seinen sorgfältigen Untersuchungen (Die körp. Äuß. II): Die übrigen Gefühlsdimensionen nach *Wundt* scheinen nicht gleichberechtigte elementare Gefühle zu sein. Erregung und Depression lösen sich mir in primäre Lust oder Unlust und verschiedene ebenfalls betonte Organempfindungen auf. Wenn ich mich gehoben, leicht, niedergedrückt, beschwert fühle, so sind das keine bildlichen Ausdrücke, sondern deutliche Empfindungen. Ähnlich ist es mit der Spannung; sie tritt bisweilen als Affekt auf (spannender Roman), teilweise als Stimmung oder in den schwächsten Formen als kaum wahrnehmbare gespannte Aufmerksamkeit. Psychisch ist sie nur eine Steigerung des Wachzustandes: gespannte Aufmerksamkeit, bereit zu empfangen, was gegeben wird.

Hayes (1906) ließ, wie früher schon *Titchener,* je zwei Reize nach der Stärke des durch sie erregten Gefühls ordnen, und prüfte so alle Gefühlsdimensionen

durch (welcher Reiz weckt mehr Spannung? welcher mehr Unlust? usw.). Da fielen die andern Gefühlskurven der Reize regelmäßig teilweise mit der Lust- oder Unlustkurve zusammen. So ergab Depression die Lustkurve, wenn es als Ruhe verstanden war, die Unlustkurve, wenn als Melancholie. Das legt nahe, daß die übrigen vier keine neuen Gefühle sind, sondern auf Lust und Unlust zurückgehen. — Indessen mögen Spannung und Lust wirklich streckenweise einander parallel laufen: größere Spannung also angenehmer sein. Wenn also nicht zufällig eine direkte Unlustwirkung eines Spannungs-Reizes vorliegt, die die indirekte Lustwirkung überwiegt, werden auf dieser Strecke die Urteile nach größerer Lust und größerer Spannung zusammenfallen. Dieses Verhalten ist gänzlich unabhängig davon, ob die Spannung als Gefühl oder als Organempfindung betrachtet wird. Deshalb entscheiden die Versuche nichts für unsere Frage.

Dagegen treten Versuche von *Alechsieff* durchaus für die *Wundt*sche Theorie ein. Nach ihnen lassen sich die drei Paare nicht lokalisieren oder objektivieren; sie sind unabhängig von bestimmten Sinnesorganen oder Reizarten, weisen auf eine Abhängigkeit von Zuständen des Bewußtseins hin. Sie sind unzerlegbar, werden als elementar bezeichnet. Deswegen scheint es ihm geboten, alle als Gefühle aufzufassen.

Zur Entscheidung, soweit sie heute möglich ist, stellen wir die Behauptungen der maßgebenden Forscher zunächst einander gegenüber. Für Spannung gibt *Alechsieff* wirkliche Spannungen in verschiedenen Muskeln an, sowie in der gehemmten Atmung; aber neben dieser „äußeren Spannung“ behaupten seine Beobachter noch eine „innere, geistige Spannung“ zu erleben, die auf das ganze Bewußtsein bezogen, weder lokalisiert, noch objektiviert werde, als rein subjektives Erlebnis, mithin als Gefühl. *Störring* dagegen sieht in der inneren Spannung nur unlokalisierte Spannungsempfindungen, da es zwischen beiden einen allmählichen Übergang gebe. *Becher* (ZPs 74, 28 ff.) macht auch noch auf die Vorstellungen früherer Spannungsempfindungen aufmerksam, auf die Strebeelemente, die *Wundt* mit Unrecht nicht als elementar anerkenne. — In der Tat kann der Beweis für ein wahres Spannungsgefühl nicht als erbracht gelten; wahrscheinlich sind die Grundlage einfach Muskelspannungen, wofür der allmähliche Übergang spricht. Die Lokalisierung entscheidet für das Gefühl überhaupt nichts. Ein Beweis der inhaltlichen Verschiedenheit bei Spannung und bei Lust, wie er etwa für Stichempfindung und Unlustgefühl erbracht ist, ist hier nicht geliefert. Damit soll nicht gesagt sein, daß die Spannungsempfindungen für das Bewußtsein alles sind. Es kommen dazu die Strebeelemente, die allerdings keine Organempfindungen, aber wie später zu zeigen, auch keine Gefühle sind. Weiter ruft der ganze Innenzustand Assoziationen wach von schnellster Arbeitsbereitschaft, Erwartung, und bewirkt instinktiv eine Einstellung, was noch zu besprechen sein wird.

In der Lösung sieht *Alechsieff* den Gegensatz zu der Spannung, der sie folgt. Sie ist von Empfindungen begleitet, wie Erleichterung der Atmung, Entspannung der Muskeln, ist aber selbst eine Verminderung der Energie des Bewußtseins. Andere betonen neben der Entspannung der Muskeln das Aufhören des bisherigen Aufmerksamkeitszustandes, verbunden mit Lust, und besonders den schnellen zeitlichen Übergang. *Schultze* erinnert sehr gut an das gesunde befreiende Niesen, das eine Lösung sei, während diese fehlt, wenn die Spannung ohne Niesen vergeht. Im zeitlichen Verlauf ähnlich ist der Schock, das plötzliche Eintreten einer Hemmung, in der man sprachlos, wie angedonnert ist; ebenso der plötzliche Schreck. — Vergleichen wir die Beschreibungen, so ist die Verminderung der Energie des Bewußtseins oder das Aufhören des bisherigen Aufmerksamkeitszustandes gewiß keine

Empfindung, aber auch kein Gefühl, sondern eine formale Eigenschaft des Bewußtseins, die wieder der Ausgangspunkt von Assoziationen sein mag.

Die Erregung beschreibt *Alechsieff* als begleitet von Organempfindungen, gestörter Atemtätigkeit, beschleunigter Herztätigkeit, aber von ihnen verschieden. Sie wird auf das ganze Bewußtsein bezogen, ist eher Gefühlen verwandt als Empfindungen, und ist eine gesteigerte Wirksamkeit des Bewußtseins. Hier dürfte der formale Charakter des Erlebnisses unbemerkt zugestanden sein. *Störring* erwähnt ebenso das Bewußtsein vom gesteigerten Verlauf der psychischen Prozesse, von der gehobenen Leistungsfähigkeit, was weder ein Gefühl noch eine Empfindung sei. Am tiefsten dringt die Beschreibung *Bechers,* der die Erregung verwandten Zuständen der Frische und des Tätigkeitsbewußtseins vergleicht. In der Erregung hat man vor allem viel Bewegung und Bewegungsansätze, Zappeln, Zittern, Gesten, Veränderung in Herz- und Gefäßmuskeln und Atemtätigkeit. Das alles verschmilzt, ist reichhaltig und qualitativ gleichartig. Dem Spannungsbewußtsein lagen mehr feste, dauernde Spannungen zu Grunde, dem Erregungsbewußtsein unruhig wechselnde Bewegungsansätze. Dazu kommt bei der Erregung freilich noch die normale Besonderheit, daß es schnell und wirr ist. Die Frische ist eher der flotte, glatte, erfolgreiche Ablauf des Bewußtseinsgeschehens, der Gedächtnis- und Verstandestätigkeit, der mit anklingender Lust bemerkt wird. Das Tätigkeitsbewußtsein endlich soll nach manchen aus Erregung und Spannung zusammengesetzt sein. Diese Beschreibung genügt *Becher* nicht. Man kann mit erregter Spannung erwarten, ohne tätig zu sein. Das Tätigkeitsbewußtsein geht vielmehr auf die kräftigen Leistungen, bei körperlicher Arbeit auf die geordnete kräftige Muskeltätigkeit, bei geistiger Arbeit ist Erregung nicht nötig, wohl aber Spannung; daneben ein Wechsel des Bewußtseinsinhaltes, der etwas der Erregung annähert. Ein wesentliches Glied ist das Willenserlebnis.

Über die Beruhigung, den Zustand, der im *Wundt*schen System von jeher schwer zu definieren war, ist nichts Neues beizufügen. Schon die Erklärung *Alechsieffs,* es handle sich um unklare, unbestimmte Bewußtseinsvorgänge, um Schläfrigkeit usw., zeigt die formale Eigenschaft.

Nach dem Gesagten kann man wohl als berechtigten Kern der *Wundt*schen Lehre hinstellen, daß sie mit sozusagen trockenen, klaren Erkenntnissen nicht zufrieden ist, welche das Wort Organempfindung zunächst auszusagen scheint, sondern auf vieles Weitere hinweist, das einer Zerlegung und Lokalisierung unfähig ist und das ganze Bewußtsein betrifft: worin allerdings eine Ähnlichkeit mit dem Gefühl liegt. Anderseits bleibt die Lehre bei einem zu unbestimmten Gefühlsbegriff stehen, dem ungefähr alles eingeordnet wird, was nicht besonderer Erkenntnisinhalt ist, auch die Strebetätigkeiten. Eine genauere Zerlegung weist dagegen Dinge nach, die weder Empfindung noch Gefühl, noch selbst Strebeelement sind und bei den fraglichen Zuständen die größte Rolle spielen: die formalen Eigenschaften des Bewußtseins etwa, seine Schnelligkeit oder Langsamkeit, Kraft oder Schwäche, Ordnung oder Verwirrtheit. An diese Eigentümlichkeiten knüpfen sich weiter instinktiv oder durch Erfahrung Vergleichungen, Erwartungen, Wertschätzungen. Das alles ist wohl geeignet, das Ergreifende, Erhebende, Berauschende eines Affektes aufzubauen. Damit dürften sich die Bedenken lösen, die wir eingangs gegen das Genügen der Lust-Unlusttheorie stehen ließen.

2. Sind die einfachen Gefühle in allen Verbindungen eindeutig dieselben oder nicht? Die verbreitetere Ansicht ist auch hier für Ein-

fachheit. So schon *Fechner, Ebbinghaus:* Die Lust als Lust ist überall dieselbe, sei es an einer behaglichen Wärme oder einer schönen Melodie. Die Verschiedenheit liegt an den begleitenden Vorstellungen, an den Organempfindungen, an den hineinspielenden Nebenvorstellungen, z. B. der größeren Wertschätzung geistiger Genüsse. Ähnlich *Lehmann, Külpe, Orth, Höfler, Jodl, Witasek, Vogt, Rehmke, Titchener:* Die entgegengesetzte vulgäre Ansicht beruht darauf, daß der Komplex aus Vorstellungen und Gefühlselement nicht zerlegt wird; daß das Gesamte Gefühl genannt wird, wobei dann freilich eine Verschiedenheit des Gefühles herauskommt.

Auf der andern Seite stehen viele, denen es undenkbar scheint, daß die Lust am Geschmack, die Schönheit der Farbe, die Freude an einem edlen Werk, auch als Gefühl dasselbe sein sollten. *Wundt:* Die Gefühle beim Übergang von tiefem Himmelblau zu Indigoblau sind beide eigentümlich beruhigend, aber doch etwas verschieden abgetönt, was sich durch Hinzutreten einer andern Gefühlsrichtung schwer erklären läßt. Deshalb nimmt er an, daß eine Linie im Schema der Gefühle nur im allgemeinen eine Gefühlsrichtung andeute, nicht dagegen eine einzige Gefühlsqualität. Ähnlich *James, Ladd, Ziegler* und ganz besonders eindringlich *Lipps:* Es ist wohl mit *Wundt* zu sagen, daß die Mannigfaltigkeit der Gefühle unabsehbar groß ist.

Gehen wir auf die Begründung ein, so ist klar, daß denjenigen, die eine Vielheit von Gefühlen behaupten, die Beweislast obliegt. *Külpe* macht außerdem gegen die Mehrheitsannahme manche allgemeine Gesichtspunkte geltend:

Diese Ansicht scheint nicht recht durchführbar. Wenn man das Gefühl mit seiner Erkenntnisgrundlage veränderlich denkt, dann müßte man behaupten, daß jeder Empfindung eine eigene Gefühlsqualität zukomme. Dann ergäbe sich eine so gewaltige Mannigfaltigkeit der Gefühlstöne, daß man bei unmittelbarer, innerer Wahrnehmung doch größere Unterschiede erwarten sollte. Sicher zeigen die Gefühle eine unvergleichlich größere Ähnlichkeit unter einander als die Empfindungen. Die Lust am Dreiklang und an einer Farbenverbindung lassen sich vergleichen, ihre Objekte nicht. Die Vereinigung der Gefühlstöne mit den Empfindungen kann kein Gegengrund sein; denn wir unterscheiden doch mit einiger Übung die sehr viel innigere Vereinigung von Farbenqualität und Helligkeit sehr genau. Wird gesagt, daß die Verschiedenheit der Gefühlstöne nicht allen Empfindungen entsprechen soll, sondern bloß einigen, so besteht für diese Beschränkung kein rechter Grund.

Weiter ist es eine allgemeine Tatsache, daß alle Arten von Lust vergleichbar sind. Jede Lust kann durch eine beliebige Unlust inhaltlich aufgewogen werden. Für langweilige Gesellschaft entschädigt man sich wohl durch Theater, für Unzufriedenheit mit sich selbst durch Geselligkeit. Auch scheint das zweckmäßig, weil es eine einheitliche Gestaltung des Lebens und Strebens ermöglicht.

Eine andere Tatsache ist die allgemeine Gefühlsübertragbarkeit. Das Gefühl *g*, das von der Empfindung *a* auf die assoziierte *b* übergeht, darf nicht durch qualitative Unterschiede daran gehindert sein.

Auffallend ist auch der Mangel an Gefühlskomplexionen ähnlich den Akkorden. Die Gefühlsmischungen scheinen immer nur Verschmelzungen von Lust und Unlust zu sein. Wenn mehr erscheint, werden die Ursachen mithineingezogen.

Auch zeigen die Gefühle nicht, wie dann zu erwarten wäre, eine eindeutige Reproduktionstendenz. Ein Wiedererkennen erfolgt nie auf Grund der eigenartigen Lust oder Unlust, die damit verbunden war, was doch nach der gegnerischen Ansicht zu erwarten wäre.

Külpe schließt: Die Gefühlswirkung soll wohl nicht die schon bestehende Mannigfaltigkeit der Eindrücke noch einmal zum Ausdruck bringen, sondern nur deren anziehende oder abstoßende Natur.

§ 4. Abhängigkeit der Gefühle von den Empfindungen.

Die Methodik stammt von *Fechner*.

Man verwendet etwa die Methode der Herstellung: Will man Rechtecke vergleichen, so läßt man den Beobachter ein Rechteck verlängern, bis es am besten gefällt. Oder die Methode der Wahl: Man bietet gleichzeitig eine große Menge Objekte und läßt das angenehmste heraussuchen. Genauer ist die Methode der paarweisen Vergleichung: Um Farben auf ihre Annehmlichkeit zu untersuchen, biete man immer nur zwei nebeneinander und verlange das Urteil, welche angenehmer ist. Man sorgt, daß jede Farbe mit jeder andern gleich oft verglichen wird. Schließlich wird die Annehmlichkeit einer Farbe bestimmt durch die Zahl der Fälle, in denen sie vorgezogen wurde.

1. Abhängigkeit von der Empfindungsqualität.

Die stärksten Lust-Unlustgefühle zeigen gerade die niedern Sinne, die Organempfindungen. Bei den Atmungsorganen ist jede Unterbrechung eine Störung und bewirkt deshalb starke Unlust. Stark sind die Gefühle bei Geruch und Geschmack; bei letzterem erscheint süß leichter positiv, die andern leichter negativ, obwohl hier die Intensität von großer Bedeutung ist. Auch unangenehme Gerüche können bei hoher Verdünnung zu Wohlgerüchen werden. Die Geruchsempfindungen zeigen neben Lust-Unlust den Gegensatz erfrischend-betäubend (Menthol, Ammoniak, Chloroform) (*Lehmann*).

Bei Haut- und Bewegungsempfindungen bedeutet das Spitze, Harte mehr Unlust, das Weiche, Glatte mehr Lust; starke Unlust bewirken die Schmerzen der Verbrennung, die Ermüdung. Schwächer pflegen Gehör- und Gesichtsempfindungen zu wirken; eine gemalte Farbe erregt wenig, sehr viel mehr schon farbiges Licht oder gar die Farbenpracht bei großen Flächen: Abendrot, Feuerwerk. Daß die höheren Empfindungen weniger gefühlsbetont sind, hat seinen Grund wohl darin, daß das Interesse an der Erkenntnis die Gefühle nicht aufkommen läßt.

Nimmt man noch die Gefühle im weiteren Sinne mit hinein, so ergibt sich übrigens eine reiche Mannigfaltigkeit der Farben- und Tongefühle, wie sie besonders von *Goethe* eingehend beschrieben worden ist (*Nahlowsky* § 15). Das Licht erfreut. Der Gegensatz von Schwarz und Weiß ist der von ernst und heiter. Auch die Farbe als solche erfreut, die Herbstlandschaft, das Feuerwerk. Um die Farbenwirkung am besten zu beurteilen, muß man die Landschaft eine Zeitlang durch ein gefärbtes Glas betrachten. Da stimmen die warmen Farben lebhaft, die kalten ruhig, weich. Das Gelb ist heiter, klar; die Landschaft wird dadurch warm angehaucht. Rot zeigt die höchste Wärme und Energie, bei mäßiger Fläche reizend, bei großer beunruhigend. Kinder, Wilde haben daran hauptsächlich Freude. Blau scheint zurückzuweichen: die Farbe der Ferne und Tiefe; es stimmt weich, sehnend. Violett ist die Farbe der ausgesprochenen Sehnsucht; Purpur ist die der Majestät. Ähnliche Ergebnisse weisen die Versuche von *Stefanescu* (PsSd 7) auf. Allgemein gefallen die gesättigten Farben mehr als die ungesättigten. Besonders den Primitiven gefällt die grelle Farbe, wie der laute Ton, während bei höherer Entwicklung

die Schattierungen bevorzugt werden. Die verschiedene Wirkung der Farbentöne führt *Lehmann* teilweise auf Assoziation zurück (Rot—Feuer; Grün—Wald; Blau—Himmel), teils auf Stoffwechselwirkung: bei heiterem Wetter fühlt man sich frischer, arbeitsfreudiger als bei trübem.

Bei den Tönen gilt ähnliches: die Klänge als solche erfreuen. Die erste Wirkung der Musik ist eine sinnliche; die hohen Töne regen auf, die tiefen stimmen herab, sind ernst, feierlich. Hier ist die Reizstärke von wesentlicher Bedeutung; starke Klänge, besonders in der Nähe, wirken sehr intensiv auf den Organismus. Es läuft einem kalt den Rücken herunter (Organempfindungen), die tiefen Töne erschüttern den Körper. Neben Assoziationen wirkt da sicher auch das Tonvolumen mit.

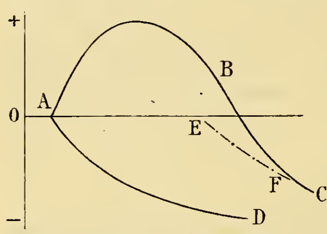


Fig. 27. Kurve der Abhängigkeit des Gefühls von der Intensität des Reizes. ABC bei ursprünglich lustbetontem Reiz, EF sind die später einsetzenden Unlustgefühle. AD die Kurve bei ursprünglich unlustbetontem Reiz.

2. Abhängigkeit von der Intensität (*Lehmann*, Hauptgesetze: vgl. Fig. 27).

Eine gewöhnlich lustbetonte Empfindung muß eine gewisse Stärke, die „intensive Schwelle", überschreiten, um das Gefühl eben anzuregen. Mit wachsender Stärke der Empfindung wächst dann zunächst die Lust. Ein genaues Gesetz ist hier nicht angebbar. Das Ansteigen der Lust geht bis zu einem gewissen Höchstwert, dem Wendepunkt, der eine ziemlich weite Strecke einnehmen kann. Der Wendepunkt ist bei manchen Empfindungen schnell erreicht (sauer, heiß); bei Farben und Tönen sehr hoch, bei süß scheint er zu fehlen. Über dem Wendepunkt sinkt nun die Lust und geht schließlich sogar in Unlust über.

Genauer scheint der Umschlag nicht auf der bloßen Intensitätssteigerung zu beruhen, sondern darauf, daß fremde, unlustbetonte Empfindungen auftauchen. Ein sehr starkes Licht erscheint noch schön, wir sprechen von blendender Schönheit. Das Unangenehme der Blendung beruht wohl auf der krampfhaften Verengerung der Pupille; die Unlust der zu hohen Wärme auf hinzutretendem Schmerz.

Ist eine Empfindung immer unlustbetont, so steigt die Unlust einfach mit der Stärke der Empfindungen, ohne je in das Gegenteil umzuschlagen; so bei bitter, bei Schmerz. Oder vielleicht besteht bei sehr schwacher Empfindung auch hier zunächst Lust, die nur sehr bald in Unlust umschlägt.

3. Abhängigkeit von der zeitlichen Dauer. Hier gilt ganz ähnliches wie bei der Intensität. Damit die Empfindung einen Gefühlston entwickle, muß sie eine „extensive Schwelle" überschreiten. Diese Schwelle wird um so größer, je komplizierter der Vorstellungsinhalt; bei einem Gemälde steigt das Gefühl mit wachsendem Verständnis. Mit längerer Zeitdauer steigt dann zunächst das Gefühl bis zu seinem Höchstwert; von da beginnt bei Lust die Abstumpfung; schließlich kann es sogar in Unlust umschlagen. Der Grund davon liegt wahrscheinlich auch hier wieder im Hinzutreten von fremden unlustbetonten Vorstellungen. So ist es beim Essen die Sättigung, beim Wohlgeruch die Betäubung, beim Kunstgenuß die Ermüdung.

Bei der Unlust dauert es viel länger, bis das Maximum erreicht ist: der Zahnschmerz hält in seiner Unannehmlichkeit wesentlich länger an. Sehr starke Unlust kann unerträglich werden, woraus bei einer gewissen Höhe Bewußtlosigkeit folgt.

Sonst tritt schließlich eine Abstumpfung ein. Dagegen scheint Umschlag in Lust nicht vorzukommen.

Auf diesem Gesetz des Abnehmens der Dauer beruht es, daß die dauernden Prozesse zur Lust wenig beitragen; man hat sich an sie gewöhnt. Dagegen können periodische Prozesse dauernd Lust erregen. Der Geruch der Speisen kann Hungrigen angenehm, Kranken unangenehm sein. Der kräftige Organismus verträgt viel stärkere Reize als der geschwächte; bei letzterem nehmen die Lustgefühle an Zahl und Stärke ab, die Unlustgefühle zu.

§ 5. Wechselbeziehungen von Gefühlen und Empfindungen.

1. Die Verbindung gleichzeitiger Gefühle. Können Lust und Unlust gleichzeitig im Bewußtsein vorhanden sein, oder wechseln dieselben bloß ab?

Rehmke bestreitet die Möglichkeit des Zusammenbestehens aus dem apriorischen Grund, das heiße der Seele im selben Augenblick zwei entgegengesetzte Zustände zuschreiben. Aber ein Widerspruch läge höchstens dann vor, wenn derselbe Gegenstand zugleich unter demselben Gesichtspunkt angenehm und unangenehm erschiene Dagegen kann ein Besuch zugleich angenehm erscheinen wegen des Wiedersehens und unangenehm wegen der Störung. Nach *Wundt* ist stets nur ein Totalgefühl möglich, das aber mehrere Teilgefühle in sich vereinigen kann, wie das Totalgefühl des Akkordes die Teilgefühle der einzelnen Töne und Zweiklänge. *Titchener* vermag bei sich von diesen unter- und übergeordneten Gefühlen im Akkord nichts zu entdecken. Nach ihm kann in jedem Augenblick nur ein Gefühl im Bewußtsein vorkommen, welches sich an die Gesamtheit der Reize oder an die besonders aufdringlichen Reize mit Vernachlässigung der übrigen anschließt. Nach *Külpe* können wohl Einzelgefühle entgegengesetzter Art zugleich vorkommen, oder ein Einzelgefühl neben einem Gemeingefühl: aber nicht zwei Gemeingefühle. Auch streben gleichzeitige Gefühle immer nach Wechsel oder Ausgleich. So mag die Lust eines Geschmacks mit der Unlust eines Zahnwehs zusammen sein.

Gehen wir zu den Experimenten über, so sprachen die Versuche von *Orth* und *Alechsieff* eher für einen bloßen Wechsel, gaben keine Unterlage für gemischte Gefühle. Nach *Rose* dagegen ist (im Gegensatz zur Stimmungslust) die Empfindungslust lokalisiert und mit einer gleichzeitigen anderen Empfindungslust vereinbar. *Johnston* fand zunächst keine Gleichzeitigkeit von Gefühlen. Aber nach längerer Übung waren fast alle seine Versuchspersonen zu ihrer Beobachtung fähig. Andere, wie *Nakashima* fanden sie gelegentlich.

Young (AmJPs 29 [1918] 237 und 420 ff.) erklärt die Lokalisation des Gefühls und die Beobachtung gemischter Gefühle für äußerst selten, in etwa 3 %. Es handle sich bei ihnen um unanalysierte Objektgefühle. Werden die Gefühle unabhängig betrachtet, so gibt es keine Lokalisierung mehr. (Das leugnet eigentlich nicht die Lokalisierbarkeit des Gefühls, sondern gibt bloß ihre Bedingungen näher an.) Weiter weist *Young* auf Fehlerquellen hin, die eine Gleichzeitigkeit von Lust und Unlust vortäuschen können. Meist wird dann ein Gefühl von einem Objekt ausgesagt: „A ist angenehm", was offen läßt, ob die Lust jetzt gefühlt war oder bloß dem Objekt als seine gewöhnliche Wirkung zugeschrieben wird. Auch verwechselt man leicht Gleichzeitigkeit mit dem Fall des schnellen Wechsels der Gefühle oder der Unklarheit, welches Gefühl eigentlich vorliege. Nach allem schließt *Young:* Lust und Unlust können nicht gleichzeitig gefühlt werden; es handelt sich bei derartigen Aussagen um ein bloßes Wissen um das Gefühl oder um einen Reizirrtum.

Dem entgegen findet *Wohlgemuth:* bei Doppelreizen wurde die Gleichzeitigkeit gleichartiger Gefühle in 68 Fällen behauptet, in 21 geleugnet. Ein Beobachter begann mit der Leugnung, wurde aber im weiteren Verlauf der Versuche des gleichzeitigen Vorhandenseins immer sicherer. Bei Doppelreizen für entgegengesetzte Gefühle hatten drei Beobachter ungefähr gleich viele positive wie negative Fälle, ein vierter nur positive. Anfangs, heißt es, ist die notwendige Verteilung der Aufmerksamkeit schwer; man muß erst lernen, sich passiv zu verhalten. Die ähnlichen gleichzeitigen Gefühle können verschmelzen; ebenso die entgegengesetzten, wobei sie sich entweder aufheben oder ein gemischtes Gefühl ausmachen. Die Lokalisierung fand sich nach Personen und Empfindungsklassen verschieden; bei Schmerz wird immer lokalisiert; bei Tastempfindungen fast immer, bei Geruch und Geschmack überwiegend, dagegen bei Gesicht und Gehör überwiegend nicht. Das Lokalisieren nimmt mit Übung zu.

Danach verdient die Annahme der Lokalisierbarkeit und gleichzeitigen Existenz verschiedener Einzelgefühle heute den Vorzug. Ein besonders wichtiges Totalgefühl ist das Gemeingefühl; es entsteht aus dem Zusammenwirken aller Organempfindungen und ist das Gefühl des Gesamtzustandes unseres Körpers, oft bezeichnet als „Lebensgefühl“, z. B. das Wohlbefinden, das Gefühl der Arbeitsfähigheit, der Aufgelegtheit. Bei gehobenem Gefühl bemerkt man darin ein Lustgefühl, bei Depression Unlust. Wenn diese Stimmungen zur Gewohnheit werden, spricht man von gehobener Stimmung oder Melancholie.

2. Wechselwirkung von Gefühl und Empfindung. Die Grundtatsache ist die Übertragbarkeit der Gefühlstöne. Sind Vorstellungen und Empfindungen einmal gleichzeitig im Bewußtsein, so übertragen sie leicht ihre Gefühlstöne aufeinander. Der Gefühlston färbt auf alle gleichzeitigen Vorstellungen ab, oder wie *Ribot* sagt, er verbreitet sich wie ein Ölfleck.

So entsteht der Charakter mancher Melodien, indem der Text seine Stimmung auf die Melodie überträgt. Die Glocken, die zum Gottesdienst rufen, bekommen dadurch eine geweihte, heilige Stimmung. Eine ähnliche Erscheinung ist die eigentümliche Stimmung der Freude, der Wehmut, wenn man früher bekannte Stätten nach langer Abwesenheit wieder sieht. So erklärt man auch die Antipathie oder Sympathie, die man oft beim ersten Sehen gegen jemand empfindet; es wird meist eine nicht klar zurückführbare Erinnerung an einen andern sein, von dem man Gutes oder Schlimmes erfuhr und mit dem der jezt Gesehene Ähnlichkeit hat.

Manche erklären aus diesem Prinzip auch die Gefühle der einfachen Empfindungen, wie wir bei den Farbentönen sahen. Aber jedenfalls darf das nicht auf alle Empfindungsgefühle ausgedehnt werden; irgendwo muß das Gefühl direkt an die Empfindung gebunden sein. Wir empfinden unmöglich deshalb süß als angenehm, weil es uns an einen angenehmen Geschmack erinnert; denn warum war dann jener Geschmack das erste Mal angenehm? Wenn das Rot selbst ein Tier aufregt, so liegt da sicher nicht die Erinnerung an aufregende Szenen, sondern eine angeborene Verknüpfung vor. Gewiß wirken die Assoziationen in hohem Grade bei dem Gefühl mit; aber die Grundlage muß eine unmittelbare sinnliche Wirkung der Empfindungen selbst sein.

Die „Analogien der Empfindungen“ beruhen auf dieser Übertragung der Gefühlstöne, d. h. die Ähnlichkeiten, welche sich oft zwischen Empfindungen ganz verschiedener Sinne angeben lassen und die sich durch

den beiden gemeinsamen Gefühlston erklären. So spricht man von tiefen Farben (tiefblau), wie man von tiefen Tönen redet. Das Schwarz entspricht der Trauer wie auch die tiefen Töne. Die Freude dagegen drückt sich in hellen Farben und hellen Tönen aus. Darauf beruhen manche in der Sprache festgelegte Metaphern: schreiende Farben, bittere Vorwürfe, die Worte: Klangfarbe, Farbenton usw.

Umgekehrt wird wieder durch Beobachtung der Analogien das Gefühl selbst gestärkt. Deshalb wählt die Trauer dunkle Kleider. Die Rhapsoden, welche die Ilias vortrugen, kleideten sich in Rot, für die Odyssee dagegen in Meergrün. Die horizontale Lage findet sich beim schlafenden Menschen, beim liegenden Baumstamm, bei der Ebene, beim Wasserspiegel, bei allem, was ruht; hingegen zeigt das Aufrechtstehende Kraft an. Deshalb erscheint uns eine Landschaft mit vielen horizontalen Linien ruhig. In der horizontalen Richtung macht eine größere Länge wenig Eindruck, in der vertikalen sehr viel (*Fechner*).

Die Übertragung der Gefühlstöne kann man sich denken als eine einfache Assoziation selbständiger Bewußtseinszustände infolge von gleichzeitigem Vorkommen. Wie eine Vorstellung eine andere reproduzieren kann, weil früher einmal beide zugleich im Bewußtsein waren, so ist es auch zwischen Vorstellungen und Gefühlen. Andern erscheint diese Erklärung nicht genügend. Sie nehmen an, daß keine wahre Übertragung von Gefühlstönen vorkomme, sondern immer die ursprüngliche Vorstellung miterweckt werde, wenn auch vielleicht unbeachtet und von der Vorstellung aus das Gefühl sich dann weiter ausbreite. Praktisch ist das Ergebnis dann freilich das gleiche, als würde das Gefühl allein übertragen.

§ 6. Die physiologischen Begleiterscheinungen der Gefühle.

1. Um die Begleiterscheinungen der Gefühle festzulegen, muß man in experimentell sicherer Weise die Gefühle selbst erregen können und ferner die dabei sich einstellenden körperlichen Begleiterscheinungen meßbar aufzeichnen. Das erstere, die Erregung bestimmter Gefühle, geschieht durch die verschiedenen Eindrucksmethoden. Für sinnliche Gefühle liegt es nahe, direkt durch geeignete Reize die Empfindungen wachzurufen, welche die Gefühle bewirken; z. B. durch Geschmacks-, Geruchsreize, welche ziemlich starke Gefühle wecken: die direkte Eindrucksmethode. Eine andere Methode ist: man läßt die Versuchsperson gefühlsstarke Erinnerungen wachrufen, was besonders für die höheren Affekte oft das einzig mögliche Mittel ist: die Reproduktionsmethode.

Der andere Teil der Aufgabe ist, Vorrichtungen zu benutzen, welche die körperlichen Begleiterscheinungen möglichst genau verzeichnen. *Wundt* spricht hier von Ausdrucksmethoden. Hierfür werden vielerlei Instrumente verwendet, wie besonders *Leschke* zusammenfassend beschreibt. *Mosso* gebrauchte den früher beschriebenen Ergographen.

Die meiste Verwendung in der Gefühlsforschung aber fand die Messung des Atems und des Blutkreislaufs. Die Atemkurve wird durch den Pneumographen gemessen; ein Gummisack ist so auf der Brust befestigt, daß er bei jeder Erweiterung der Brust durch Einatmen zusammengedrückt wird und diese Volumenänderungen auf einer sich drehenden Trommel verzeichnet werden. Die Pulskurve wird durch einen Sphygmographen aufgeschrieben, der auf eine Arterie aufgesetzt wird; die Volumenschwankungen eines Gliedes endlich, etwa des Armes,

durch den Plethysmographen (Fig. 28). *Berger* führte bei Kranken mit Schädelöffnung damit auch Messungen des Gehirnvolumens aus, *Weber* Messungen des Ohrvolumens und des Volumens der Baucheingeweide. *Martius* schloß aus eigenen Versuchen, die Niveauänderungen der Plethysmogramme beruhten nicht auf Volumschwankungen des Armes, sondern auf unwillkürlichen Bewegungen der Arme. Aber ähnliche Kurven lassen sich auch vom Finger, Ohr, Gehirn, den Eingeweiden gewinnen, wo Muskelbewegungen ausgeschlossen sind (*Leschke*). Auch entspricht die Gestalt der Kurvenschwankungen gar nicht der Reaktion der Muskeln (*Küppers*).

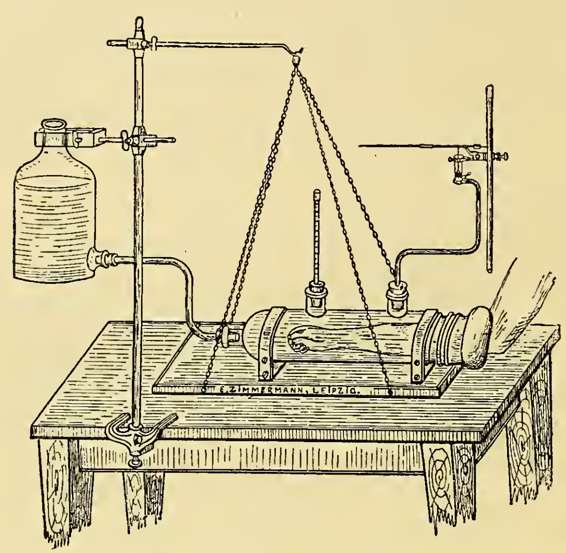


Fig. 28. Schematische Darstellung des Plethysmographen, konstruiert von der Firma *E. Zimmermann*, Leipzig-Berlin.

Eine ausführliche Beschreibung der ganzen wissenschaftlichen Methodik gibt *Lehmann* (Die körp. Äuß. I). Bei der Deutung der erhaltenen Kurven sind Vorsichtsmaßregeln anzuwenden, da es manche rein physiologische Einflüsse gibt, welche die Resultate fälschen können wie die Atemschwankungen, die *Mayer*schen Wellen. Ganz besonders wichtig ist es, die Kurven durch die Angaben der Selbstbeobachtung beständig zu überwachen. So erfährt man erst, ob die Reize auch wirklich zu den zu untersuchenden Gefühlen geführt haben.

2. Das allgemeine Ergebnis der Gefühlsuntersuchungen gipfelt nach *Wundt* darin, daß den verschiedenen Gefühlsdimensionen verschiedene Eigenschaften in Puls, Atmung, Volumen der Körperteile usw. entsprechen und den entgegengesetzten Gefühlen jedes Paares wieder entgegengesetzte Bewegungen. Neben der *Wundt*schen Schule kam besonders *Lehmann* in seinem grundlegenden Werk zu ähnlichen Ergebnissen, die *Weber* und *Berger* bestätigten. Zwar fehlte es nicht an Widerspruch. *Titchener* findet häufig keine Übereinstimmung der Behauptungen mit den Kurven. *Shepard* erkennt nur in 33 % seiner Versuche zwischen Gefühlen und Ausdruck den erforderlichen Zusammenhang in gleicher Richtung und einer gewissen quantitativen Übereinstimmung. Im Wesentlichen findet er für die verschiedensten Gefühle die gleiche Reaktion. Schon von Anfang an verwirft *Binet* den behaupteten Gegensatz der Atmungs- und Kreislauferscheinungen für die Hauptgefühle Lust und Unlust. Derselben Ansicht sind *Angell* und *Thomson, Martius, Minnemann.* Gegenüber dem gewaltigen positiven Werk von *Lehmann* kamen anfangs diese Widersprüche nicht auf. *Leschke* (ArGsPs 31, 27 ff.) zog aus der vorliegenden Forschung die Summe, wonach 90 % der von den verschiedenen Forschern gewonnenen Ergebnisse über Puls, Blutverschiebung und Atmung untereinander vollständig oder nahezu übereinstimmten. Erst neuere Arbeiten von *Bickel, Küppers* und

Cellerier brachten durch eigene Versuche oder Überprüfung des vorliegenden älteren Materials die Frage wieder in Fluß. Ihre Ergebnisse führen zur Lehre, die auch schon *Külpe* vertrat, daß der behauptete Unterschied zwischen Lust und Unlust in den Symptomen nicht bestehe, daß die Reaktion auf die meisten psychischen Eindrücke immer gleichartig sei.

Der Wert der Forschungsergebnisse wird klarer hervortreten, wenn wir nunmehr die gefühlsähnlichen Zustände im einzelnen auf ihre Begleiterscheinungen hin besprechen.

3. Die Einzelergebnisse. Der Normalzustand, mit dem man alle übrigen vergleichen muß, ist nicht eine völlige Leere des Bewußtseins, sondern individuell recht verschieden. Es herrschen darin vielfach Spannung, Neugier, Lust, das Gefühl des Tätigseins usw. Die Kurve des Armvolumens, auf die alle Forscher das größte Gewicht legten, hält sich da auf einer mittleren Höhe, abgesehen von den physiologischen Schwankungen der Atmung und den *Mayer*schen Wellen.

a) Die psychische Tätigkeit ist kein einfacher Zustand, sondern nach *Alechsieff* eine veränderliche Mischung von Spannung und Erregung, wobei die Erregung gewöhnlich überwiegt. Bei einer vorbereiteten geistigen Arbeit entwickelt sich zunächst Spannung und folgt später die Erregung. Mit der Intensität der Arbeit wächst die Erregung; es tritt oft Unlust dazu, und jenseits einer gewissen Stärke kommt es zum Affekt. Ebenso steigt die Erregung mit der Länge der Arbeit, wenn auch individuell verschieden.

Unter den körperlichen Erscheinungen ist nach *Lehmann* vor allem bezeichnend das jähe Sinken der Armvolumkurve, das auch im Normalzustand aufsteigende Gedanken verrät. Genauer hat man (wobei immer die Höhe des Volumens mit der Schnelligkeit des Pulses parallel geht): erst eine Volumenerhöhung während 2—6 Pulsen, dann Volumensenkung während 3—6 Pulsen, endlich langsames Ansteigen.

Shepard findet dieselbe Folge bei allen stärkeren Reizen. Nach *Küppers* ist das erste Ansteigen als Vorschlag aufzufassen, physiologisch bedingt; das jähe Sinken ist die eigentliche psychisch bedingte Reaktion, die auch der Stärke der Anstrengung parallel geht; das langsame Wiederansteigen ist die notwendige Wiederausgleichung der Abweichung. Bei kürzerer Arbeit können nach *Cellerier* die späteren Phasen mehr zurücktreten. Nach *Bickels* physiologischer Untersuchung wirken hier zusammen eine Steigerung des Blutdruckes und ein unabhängig davon erfolgendes Sinken des Armvolumens. Das letztere kann bisweilen durch die Blutdrucksteigerung gestört werden, wenn etwa die durch Ermüdung erschlafften Gefäße dem Blutdruck nachgeben. — Folgen sich mehrere Reize, so wird die erste Senkung sofort unterbrochen durch eine kleine Hebung mit folgender Senkung, um so kleiner, je tiefer die Kurve schon stand. Zu schnell nach dem positiven Vorschlag ist ein zweiter Reiz unwirksam (*Küppers*). Wenn bisweilen bei Lösung ein Steigen der Volumkurve gefunden wurde, ist das keine wirkliche Ausnahme, denn da geht eben nicht die Indifferenzkurve voraus, sondern die Spannung mit ihrer niederen Höhenlage.

Mit dem Armvolumen gehen nach *Weber* die andern peripheren Teile parallel: Gesicht, Fuß, Brust; dagegen das Volumen in den Eingeweiden, das sich mehr passiv verhält und der Blutdrucksteigerung nachgibt, geht meist entgegengesetzt. Es findet also im großen eine Blutverschiebung „von innen nach außen“

statt. Vom Gehirnvolumen wird meist angegeben, es steige, während das Armvolumen sinkt. Eine genauere Unterscheidung ergibt aber nach *Cellerier* vielmehr einen Parallelismus; die Beschreibung von *Berger* gibt Volumenvergrößerung, dann Volumenverkleinerung, dann unregelmäßige Schwankungen. Dasselbe enthalte die Kurve von *Weber*, ebenso *Shepard*, wenigstens für starke Reize.

Das Wesentliche des Gesagten geht schon auf *Lehmann* zurück. Was *Bickel*, *Küppers* usw. hinzufügen, ist, daß diese Reaktion (die Steigerung des Blutdruckes und Senkung des Armvolumens) viel allgemeiner gilt, als *Lehmann* annahm. Bei *Küppers* kehrt sie nämlich bei beliebigen Reizen immer wieder, in 160 Fällen von 167, wobei die Gefühlsqualität gleichgültig sei; ein schmerzhafter Nadelstich wirkt genau so wie ein sanftes Streicheln, nur muß es ein deutliches Bewußtseinserlebnis sein, die Aufmerksamkeit beansprucht werden. Die Senkung kann etwa auf ein zufälliges kleines Geräusch folgen, das der Beobachter selbst für bedeutungslos hielt, während die meisten Erlebnisse, die er erwähnt, gleichgültig sind. Nach *Shepard* schon ist Steigen des Armvolumens vermutlich nie auf den Reiz zu beziehen, außer in dem Fall, daß die Aufmerksamkeit gerade auf dieses Glied gerichtet ist, um Empfindungen daran zu bemerken. Dasselbe bestätigen *Weber*, *Leschke* usw., nur *Bickel* konnte es nicht nachweisen.

Die Atmungswirkungen werden verschieden angegeben, doch wiegt die Behauptung ihrer Beschleunigung vor. Bei *Bramson* (Tijdschr. v. Geneeskunde, 1920) stieg während geistiger Arbeit die Schnelligkeit der Atmung an, läßt erst nach Vollendung nach. Die Tiefe der Atmung nimmt gegen Ende der Arbeit etwas zu und äußert sich unmittelbar nachher in mehreren tiefen Atemzügen, ebenso in einer vorübergehenden Vertiefung nach Vollendung einer Teilarbeit. Besonders aber ist der Quotient der Einatmung (I) zur Ausatmung (E), I/E bezeichnend: er schwankt gewöhnlich zwischen 0,5 und 1; er steht am Anfang der Arbeit niedrig, steigt während ihrer an und steht am Schluß auf 2; dann folgt eine starke Senkung, die ausbleibt, wenn man sich innerlich weiter mit der Arbeit beschäftigt. Aus dem Quotienten kann man nach *Sartorius* auf das Vorhandensein starker Erregung am Schluß der Arbeit schließen, während am Anfang mehr Spannung vorherrschte.

Auch in der körperlichen Arbeit findet *Cellerier* bei Nachprüfung der vorliegenden Untersuchungen dieselben Volumenkurven. Die genaueren Kurven von *Berger* gaben wieder vorübergehende Volumenvergrößerung (2 Pulse), dann Volumenverminderung (2 oder mehr), dann Vermehrung bis zum Ende der Muskelarbeit; also wie bei der geistigen Tätigkeit. Nach *Weber*, der diese zeitlichen Unterscheidungen nicht macht, nimmt das Volumen der Extremitäten und des Rumpfes zu, ebenso das Gehirnvolumen, während Gesicht und Eingeweide an Blutfülle abnehmen. Hier strömt also das Blut aus Gesicht und Eingeweiden in die Muskeln und das Gehirn, was die Innervation im Gehirn und den Stoffwechsel in den Muskeln befördert. Diese Blutverschiebungen erfolgen auf die bloße Bewegungsintention hin, nicht dagegen bei passiven Bewegungen. Wird die Bewegungsintention auf ein einziges Glied beschränkt, so tritt der Blutzufluß nur in ihm auf.

Die Angaben ergänzen sich vermutlich so, daß die einen auf den Anfang der Tätigkeit gehen, andere auf den dauernden Verlauf.

b) Die Spannung ist ein häufig auftretender Zustand, der subjektiv oft wenig hervortritt, so daß er wohl irrtümlich mit dem Normalzustand verwechselt wird. Man kann ihn willkürlich herstellen, indem man auf einen Reiz wartet: Erwartungsspannung. Er kann auch unwillkürlich entstehen, bisweilen schon allein durch das Bewußtsein, Versuchsperson zu sein, das wie eine Konzentration der Aufmerksamkeit wirkt. Man kann ihn durch einen anregenden Lesestoff beseitigen, und dann

beginnt nach 10—20″ die Spannung sich zu lösen und die Kurve in der Folge normal zu verlaufen.

Zu den objektiven Erscheinungen gehört nach manchen die Atmung, die nach den meisten Angaben schneller und flacher wird. Der Quotient I/E wird besonders klein. Noch bezeichnender ist aber die Volumkurve mit ihrer geringen Pulshöhe und niederem Volumen. Diese Kurve ist, solange die Spannung nicht beseitigt wird, für psychische Einflüsse unbeeinflußbar. Die peripheren Gefäße sind so stark kontrahiert und die Eingeweidegefäße so erschlafft, daß ein psychischer Vorgang keine weitere Blutverschiebung nach innen hervorrufen kann (*Küppers*).

Nach *Berger* treten bei Spannung keine Veränderungen der Gehirnpulse ein, weder im Volumen noch in der Pulshöhe. Ebenso *Lehmann*, der die Gesamtheit der Symptome so erklärt: Die Spannung ist eine Vorbereitung der Arbeit; die Hemmung der Blutzufuhr im Arm erleichtert die Blutzufuhr nach dem Gehirn und bereitet so die Arbeit vor. Doch geschieht im Gehirn vorläufig nichts, bevor die wirkliche Arbeit beginnt.

Küppers: Die Spannung ist eine gewisse Verhaltungsweise, ähnlich wie die Anpassung der Sinnesorgane, die allgemeine straffe Körperhaltung, das Anhalten der Atmung. So ist auch bei der Erwartung das wesentliche nicht die Vorwegnahme der Vorstellung, sondern die Haltung, motorisch die allgemeine Spannung, vasomotorisch das Zurückziehen des Blutes aus der Peripherie.

Die Lösung, die nach dem früheren im wesentlichen als plötzliche Aufgabe der Spannung zu fassen ist, hat deshalb naturgemäß die entgegengesetzten Ausdrucksbewegungen, vertiefte und langsamere Atmung, Ansteigen des Quotienten I/E, schnelleren und höheren Puls, kurz Rückkehr zum Normalzustand, mit vorübergehender Überschreitung nach der andern Seite. Erfolgt die Lösung durch das Erscheinen eines erwarteten Reizes, so tritt übrigens nach *Küppers* selten sofortiges Steigen der Kurve ein, sondern gewöhnlich kommt mit dem Reiz wieder die Senkung (was freilich voraussetzt, daß die Spannung nicht vorher die höchstmögliche war).

c) Für die Erregung gibt *Alechsieff* als Atmungsausdruck schnellere, unregelmäßige, vertiefte Atmung an. Auch *Störring, Drożyński, Stefanescu* wiederholen diese Angaben, fügen aber auch Größerwerden des Quotienten I/E bei. Dazu kommt Pulsverkürzung und Volumzunahme.

Nach *Cellerier* liegt hier einfach die Tätigkeitsreaktion vor. Die Veränderung des Gehirnvolumens ist von der des Armes unabhängig. Der Zweck ist, den tätigen Organen größere Ernährung zu verschaffen.

Die Beruhigung braucht keine weitere Erklärung, da sie als Aufhören der Erregung sich leicht ableiten läßt.

d) Für Lust und Unlust war vor allem ein klarer Gegensatz der Kurvenbilder zu erwarten. Aber deren Nachweis wollte nie recht gelingen, so daß schon früh viele an der Aufgabe verzweifelten.

Bei der Unlust gibt *Lehmann* für die Atmung an: bei starker Unlust bestehe anfangs Stocken, gefolgt von einigen tiefen Atemzügen, dann Unregelmäßigkeit. Bei andern finden sich entgegengesetzte Angaben, tiefer oder flacher, langsamer oder schneller. Es wird hier darauf hingewiesen, daß wohl zwei verschiedene Reaktionen vorliegen: man könne sich bei Unlust passiv ergeben oder aber Widerstand leisten. Das Widerstreben wird die flache gehemmte Atmung geben, das Sichergeben die tiefe, langsame. Die Klärung über diesen Punkt steht noch aus. — Klarer schienen

die Angaben über Puls und Volumen. Ein sehr passendes Bild der Unlust scheinen (Fig. 29) die kurzen niedrigen Pulse (nur beim Erschrecken wird Pulsverlängerung angegeben). Das Armvolumen sinkt, nach *Weber* auch das der Eingeweide, des Kopfes (Erblassen, außer bei der Scham) und Gehirns. Danach wird die Aufnahmefähigkeit sowohl im Zentrum wie in der Peripherie herabgesetzt, eine Art Anästhesie bewirkt, als Abwehr der Unlust.

Nach *Bickel* hingegen liefert Unlust einfach die normale tiefe Volumensenkung der äußeren Körperteile, und die Blutdrucksteigerung, wenn die Reize genügend schnell und stark sind. Ebenso nach *Küppers*: nach momentaner Erhöhung sehr regelmäßig langgestreckte Senkung, die sich einfach aus der intensiven Beschäftigung der Aufmerksamkeit erklärt, also die gewöhnliche Tätigkeitskurve. Das Gehirnvolumen nimmt nach *Weber* ab, nach *Berger* und *Bickel* zu.

Von den 26 Unlustkurven *Lehmanns* sind nach *Cellerier* 9 einfach Kurven der Tätigkeit und entsprechen dem Ansatz *Lehmanns* (Volumverminderung und Pulsbeschleunigung) nicht; 4 weitere zeigen wenigstens eine andere Zusammenordnung,

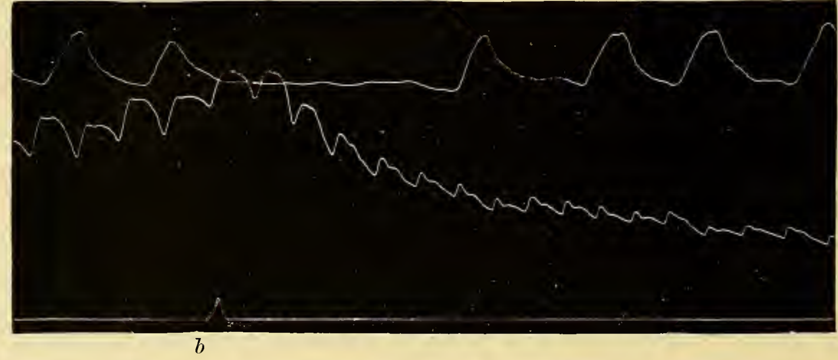


Fig. 29. Beispiel von gleichzeitiger Atem- (obere) und Volumpulskurve (mittlere), wenn im Zeitpunkt *b* ein Unlustreiz geboten wird (nach *Wundt*).

als seine Behauptung verlangt; in 5 weiteren, wo die verlangte Gesetzmäßigkeit besteht, tritt die Wirkung vor dem Schmerz ein; endlich 7 Kurven sind unbrauchbar, weil sie durch die Atmung beeinflußt sind. Ebensowenig beweisen die Kurven von *Weber* u. a. Schon *Binet* fand bei Atmung und Blutkreislauf keinen Gegensatz zwischen Lust und Unlust, sondern nur zwischen beliebigen Erregungen und Ruhe; ebenso *Angell*; *Shepard* hat unter 17 Unlustkurven 15 Senkungen. *Drożyński* urteilt: Die Kurven der Unlust sind ihr nicht eigen, sondern sind Tätigkeits- oder Erregungskurven. Eine Bestätigung bietet auch diejenige Art Unlust, bei der Tätigkeit fehlt, die Scham. Da fehlt auch die Tätigkeitskurve. Die Unlust geht ja nach *Cellerier* auf motorische Reaktionen; sie beschränkt sich bei Menschen auf den Anfang dieser Reihe, die Anpassung der Organe an allgemeine Tätigkeit; die Volumvermehrung von Gehirn und Muskeln kommt erst, wenn es zur besondern Tätigkeit übergeht.

Bei der Lust wurden von der *Wundt*schen Schule die der Unlust entgegengesetzten Erscheinungen gefunden; schnelle und flache Atmung, vor allem hoher Puls und meist auch verlangsamt. Das Armvolumen zeigt nach *Lehmann* anfangs geringes Sinken, um dann rasch und stark zu steigen. Das Volumen im Gehirn ist nach *Weber* größer, was *Berger* leugnet,

aber *Bickel* zugibt, der darin zwischen Lust und Unlust keinen Unterschied findet. Dem ganzen Erscheinungskomplex legte man die Deutung zu Grunde, daß eine bessere Blutversorgung dienen solle, die Lust zu erhalten. Die Nachprüfungen haben die allgemeinen Behauptungen über den Blutkreislauf nicht bestätigt.

Aus dem Alltagsleben, wo Freude das Gesicht rötet und das Herz schneller schlagen läßt, wäre wohl eine Erweiterung der peripheren Gefäße zu erwarten. Anderseits tritt beim Versuch notwendig Aufmerksamkeit hinzu, was das Gegenteil fordert. Im Versuch findet denn *Bickel* bei Empfindungslust meist Volumsenkung, bei Vorstellungslust öfter Volumzunahme; *Küppers* meist Senkungen; nur in einem Fall aus 6 starkes Steigen ohne Senkung; da lag aber ein aktives Lustgefühl vor. Auch nach *Cellerier* wird hier meist die Kurve der Tätigkeit gefunden, wenn auch nicht so durchgängig wie bei Unlust. Denn die Unlust bewirkt fast immer eine Handlung, während die Lust mehr passiv ist. Dasselbe läßt die Nachprüfung der vorliegenden Kurven erkennen. *Shepard* findet unter 23 Lustkurven 19 Senkungen. Unter den 15 Lustkurven *Lehmanns* sind 12 typische Senkungen. *Lehmann* findet denn auch den Unterschied weniger hervortretend. Nach *Küppers* mag Lust eine gewisse Neigung zum Steigen bewirken, Unlust zum Sinken. Doch kommt das nur zur viel stärkeren Wirkung der Aufmerksamkeit hinzu. Jedenfalls ist der Gegensatz Lust—Unlust nicht sicher nachzuweisen, besteht kein qualitativer Unterschied in den Gefäßerscheinungen.

Féré stellte den Gegensatz auf, daß Lust die Muskelkraft stärkt. Unlust sie schwächt, was er aber nur an Hysterischen nachweist. Das letztere konnte *Lehmann* an Versuchen bestätigen, nicht aber das erstere. Damit will er aber nicht ausschließen, daß im gewöhnlichen Leben Festfreude die Muskelleistungen steigern könne.

Etwas anderes sind die unwillkürlichen Spannungen und Bewegungsantriebe, die die Gefühlsreize wecken. *T. Young* (AmJPs 1921) beobachtet, daß besonders Unlust mit Muskelspannung verbunden sei, Lust eher mit Muskelerschlaffung. Auch waren die Bewegungsreaktionen bei Unlust ausgesprochener, so die Neigung, den Reiz abzuwehren, sich von ihm abzuwenden, reflexe Zuckungen usw. *Corwin* (ebenda) ergänzt das dahin, daß unter geeigneten Umständen auch Lust Bewegungen und Bewegungsantriebe wecken, die ein Suchen oder Verlangen nach den Reizen ausdrücken, wie Schnüffeln, Armeausstrecken. Allerdings ist bei Unlust die Bewegung schneller, bei intensiver Unlust ist es ein Wegziehen, Sich-Abwenden, Sich-Zusammenziehen des Organismus im Sinn des Sich-Entfernens, bei starker Lust ein Suchen, Sich-Ausweiten des Organismus gegen den Reiz hin.

4. Zusammenfassung. Die eigentlichen Gefühle Lust-Unlust haben in der Volumkurve keine spezifische Reaktion. Der Reiz ruft bei ihnen vielmehr eine Erregung hervor, die auf Tätigkeit zielt. Nach *Bickel* gibt die starke Konzentration der Aufmerksamkeit verstärkte Gefäßverengerung; starke Gefühlserregung verstärkte Tätigkeit des Herzens. Die psychischen Vorgänge unterscheiden sich mehr durch Intensität, als Qualität der Begleiterscheinungen. Der Blutdruck ist bei Unlust im allgemeinen höher als bei Lust; ebenso die Spannung der Muskeln; nach *Zoneff* und *Meumann* auch die Atemgröße.

Küppers faßt die gewonnenen Kurven und ihre Bedeutung folgendermaßen zusammen: Wir haben nur drei klare Bewegungsverläufe: die Spannungskurve, die

typische Senkung und die (noch nicht beschriebene) Kurve des Besinnens. Die typische Senkung, die auch die *Mayer*schen Wellen erniedrigt, ist als Hemmung des vasomotorischen Zentrums aufzufassen. Die Spannungskurve ist dasselbe, nur länger und intensiver. Das Besinnen ist hier gemeint als Besinnen auf einen Verlauf, wo man in der Sache aufgeht (das Besinnen auf eine Einzelheit dagegen hat die Anstrengung im Vordergrunde stehen). Das Besinnen zeigt besonders hohe Lage der Kurve, abgeschwächte *Mayer*sche Wellen, aber verstärkte psychische Schwankungen. Beim Besinnen neigt die Blutverteilung zur andern Grenze, nämlich nach außen. Der Weg zur Reaktion geht immer über das Bewußtsein, außer vielleicht beim Schreck. Der Inhalt der Empfindungen ist gleichgültig, ebenso ihr Gefühlston. Entscheidend sind nur gewisse Verhaltungsweisen, nämlich die Auffassung des Reizes, die Erwartung und das Besinnen. Gemeinsam ist ihnen Aktivität und die Richtung auf ein Ziel. Das Bemerken ist ein Einstellungsakt; die länger dauernde Erwartung und Besinnung sind Einstellungshaltungen. Die Wirkung ist das Bevorzugen bestimmter Inhalte vor andern. Das Besinnen ist ein Festhalten an einem bestimmten Ziel, das in Umrissen gegeben ist. Daneben müssen aber die Vorstellungen frei hereinströmen können, was mehr passiv ist. Darum die motorische Erschlaffung, das Senken des Kopfes, das langsame Gehen, die nach innen gekehrte Haltung; aber immer bleibt noch etwas Haltung (gegenüber den Träumen) in der Hemmung der Tonusschwankungen; dagegen vasomotorische Erschlaffung, wie im Schlaf. Die Volumkurven zeigen also nichts von Gefühlsverlauf, sondern nur Einstellungsakte und -haltungen, zielstrebige Aktivität des Ganzen.

5. Das psychoelektrische Phänomen (*Radecki,* ArPs (f) 11 [1911] 209 ff.). *Féré* untersuchte 1888 das Phänomen an Hysterischen, indem er einen elektrischen Strom durch den Körper führte und seine Abweichungen bei psychischen Vorgängen beobachtete. *Tarchanow* zeigte 1888, daß ähnliches auch bei Normalen vorkommt und auch ohne Anwendung eines äußeren elektrischen Stromes. Beide Methoden wurden von vielen folgenden Forschern durchgeprüft. *Radecki* faßt die fremden und eigenen Versuche kurz zusammen: bei äußerem Strom scheint das Wirksame der Körperwiderstand zu sein, der durch psychische Vorgänge verändert wird, vermutlich auf dem Wege der Gefäßerweiterung. Bei Versuchen ohne äußeren Strom dagegen handelt es sich um statische Veränderungen des Potentials, die bei Reizen auf beiden Händen auftreten und das Elektrometer beeinflussen. Sie beruhen auf der Schweißabsonderung der Hände und zeigen in Stärke und Richtung keine Regelmäßigkeit, sind also verschieden von den andern länger dauernden Abweichungen bei äußerem Strom, die das Galvanometer anzeigt.

Die psychischen Ursachen der Abweichungen sind nur Gefühlsvorgänge, entsprechend ihrer Stärke. Die Qualität der Empfindung ist gleichgültig. Bei einer schweren geistigen Arbeit richtet sich der Anfang der Erscheinung nach dem auftauchenden Gefühl, etwa der Ungeduld. Wird eine Reaktion beobachtet, so bezeugen die Versuchspersonen regelmäßig eine Gefühlsregung. Es besteht auch ein gewisser Einfluß des Willens auf die Reaktion, der ja die Gefühle beeinflussen kann oder andere Ursachen einführen, wie eine Veränderung der Atmung, die sehr wirksam ist. Häufige Wiederholung der Reize schwächt schließlich die Wirkung infolge von Ermüdung und Polarisationsströmen. Eine Ruhekurve besteht in einem Sinken während 20′; sie beruht auf Polarisationen und hat keine psychische Bedeutung. Die Latenzzeit der psychogalvanischen Wirkung ist sehr unregelmäßig, zwischen 0,5—7″; sie hängt stark von dem Anfang des Gefühlszustandes ab. Die Methode dient der später zu besprechenden Tatbestandsdiagnostik (Absch. 5, Kap. 4). Man kann so feststellen, ob ein dargebotenes Wort emotional wirkt, und daraus unter Umständen Schlüsse ziehen. Während sonstige Ausdrucksbewegungen nur starke Gefühle wiedergeben, verrät die psychogalvanische Reaktion auch leichte Gefühle.

§ 7. Zur Theorie der einfachen Gefühle.

1. Der teleologische Charakter der Gefühle. Man kann allgemein sagen: das Lusterregende ist dem Organismus nützlich, das Unlusterregende schädlich; z. B. frische oder verdorbene Luft, wohlschmeckende oder übelriechende Speise. Dieser Zusammenhang ist nur eine Anwendung der allgemeinen Teleologie, welche das ganze organische Leben beherrscht. Wesen, welche normal das Schädliche angenehm fänden, das Nützliche unangenehm, könnten nicht auf die Dauer bestehen.

Diese Regel ist freilich nicht ohne Ausnahme. Es gibt auch süße Gifte; manche bittere Arzneien sind nützlich; eine schmerzliche Operation kann notwendig sein. Die Lust und Unlust steht oft in keinem rechten Verhältnis zur Größe des Nutzens oder Schadens; man denke an den Zahnschmerz usw. Demgegenüber erwidern einige: Das Gefühl ist immer nur auf die augenblicklichen Wirkungen zu beziehen, nicht auf die Folge; das Süß ist gegenwärtig angenehm und nützlich, wenn die Substanz sich nachher auch als Gift erweist. — Das ist indessen ungenügend. Die Notwendigkeit für das Leben des Organismus verlangt durchaus, daß das Angenehme für den Organismus auf die Dauer nützlich sei; sonst wäre ihm nicht gedient, er könnte nicht auf die Dauer bestehen. Aber anderseits genügt es für diesen Zweck, daß die Verbindung normal, für die gewöhnlichen dem Organismus gebotenen Reize gelte. Das Gefühl ist genau wie der Reflex eine Einrichtung, die nur für die Durchschnittsfälle ausreicht, in Ausnahmefällen versagen kann.

Das freilich ist auch richtig, daß diese teleologische Erklärung nicht völlig befriedigt. Sie verlangt wie immer als Ergänzung die Einsicht in die Wirkungszusammenhänge, soweit dieselben zu durchschauen sind. Diesen Zusammenhang versuchen die verschiedenen „Theorien des Gefühls" aufzuklären.

2. Die Theorien der Gefühle bzw. ihre physiologische Grundlegung. Hier bestehen einstweilen kaum mehr als Vermutungen.

a) Eine erste Theorie ist eine peripher-physiologische, die das Entstehen der Gefühle auf periphere oder subkortikale Vorgänge bezieht: entweder auf ein bestimmtes Organ, z. B. das Organ des Schmerzsinnes sei Organ der Unlust; oder auf einen bestimmten Prozeß in den peripheren Nerven, z. B. die Ernährungsverhältnisse. Zum ersteren gehört die Erklärung von *Titchener*, die Übereinstimmung zwischen Gefühl und Empfindung weise auf einen gemeinsamen seelischen Ursprung hin. Dagegen spricht das, was über den wesentlichen Unterschied der Gefühle von den Empfindungen gesagt wurde. — Nach einer zweiten Erklärung liegen die Bedingungen für Lust und Unlust in den Ernährungsverhältnissen des gereizten Nerven selbst. Je stärker der Reiz, desto intensiver der Kraftverbrauch. Lust ist da, solange die Dissimilation die Assimilation nicht überschreitet, sonst Unlust. Indessen auf diese Weise bleibt alles unerklärt, was auf die Beteiligung der zentralen Bedingungen bei den sinnlichen Gefühlen hinweist, wie, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen den peripher oder zentral erweckten Gefühlen besteht.

b) Deshalb sind die verbreiteteren Theorien alle zentral-physiologisch. Eine ältere Theorie von *Meynert* führt den Gegensatz der Gefühle auf Hemmung oder ungehemmte Nervenübertragung, auf Gefäßverengerung oder -erweiterung usw. zurück; *Ribot* gibt ihre Beschreibung.

Wesentlich tiefer geht auf die Einzelheiten der Gefühlslehre die dynamische Theorie von *Lehmann* ein. Lust ist die psychische Folge davon, daß ein Organ während seiner Arbeit nicht mehr Energie verbraucht, als die Ernährung ersetzen

kann. Unlust ist die Folge jedes Mißverhältnisses darin. Läßt man eine Maschine eine Last heben, der sie gewachsen ist, so geschieht das gleichmäßig und ruhig; nimmt man eine zu große Last, so wird die Maschine an ihren schwächsten Stellen beschädigt. Ähnlich wird es beim Organismus sein. Die Gefühlstöne sind nun der psychische Ausdruck für die größere oder geringere Leichtigkeit, mit der der Vorstellungsprozeß abläuft. Die Verhältnisse der Assimilation (A) und Dissimilation (D) zeigen einen ähnlichen Gegensatz wie die Gefühlstöne. Wenn $A = D$, zeigt sich das psychisch als Lust, die mit wachsenden Werten von A und D wächst. Wenn $A < D$, zeigt es sich als Unlust, um so stärker, je kleiner dieser Wert ist.

Genauer: Es läßt sich beweisen, daß Lustprozesse bahnend wirken (d. h. andere Prozesse erleichtern). Daraus folgt, daß der Energieverbrauch des arbeitenden Zentrums dabei nur gering sein kann. Denn ein größerer Energieverbrauch muß immer auf gleichzeitige Vorgänge hemmend wirken. Dazu stimmt, daß gewöhnlich nur schwache Reize Lust bewirken; ebenso muß ein zwar starker, aber kurzdauernder Reiz bahnend wirken, und der Versuch bestätigt in der Tat, daß das Erschrecken die Arbeit vermehrt.

Die Unlustzustände sind gewöhnlich an Prozesse mit bedeutendem Energieverbrauch gebunden, obwohl nicht umgekehrt jeder starke Energieverbrauch Unlust hervorruft. Der Unterschied liegt darin: bei einer sonstigen starken psychischen Arbeit, wie Auswendiglernen, Denken, benutzt man eine große Zahl von Vorstellungen. Das erfordert also die Arbeit vieler Nervenelemente, deren jedes einen geringeren Energieverbrauch leisten mag. Bei der Unlust dagegen umfaßt die Tätigkeit vermutlich nur wenig Nervenelemente, die einzeln eine große Energie leisten, also relativ stark angestrengt werden.

Zusammenfassend: Ein psychischer Prozeß ist lustbetont, wenn die im Prozeß umgesetzte Energie durch den Stoffwechsel gedeckt werden kann. Da die Lust bis zu einem gewissen Punkt mit der Stärke des Reizes wächst, so ist eine natürliche Annahme, daß der Höhepunkt mit dem Wendepunkt des physiologischen Prozesses zusammenfällt. Wird die Grenze überschritten, so nimmt die Bahnung schnell ab; man gelangt zu einem Stadium, wo es beständig zwischen Lust und Unlust schwankt, wie bei der gewöhnlichen Arbeit; bei noch stärkerem Reiz tritt Unlust ein. Zugleich wird dabei der Energieverbrauch so groß, daß er nicht mehr gedeckt wird. Mag die Einzelerklärung aus diesen Annahmen heute noch nicht ganz befriedigen, so zeigt die Theorie wenigstens die Richtung, in der eine physiologische Grundlage der sinnlichen Gefühle im Anschluß an beliebige Erkenntnisgrundlagen gesucht werden kann.

Anhang.

Das elementare sinnliche Begehren. Die ältere empirische Psychologie setzte neben den großen Klassen des Erkennens und Fühlens als ihnen gleichgeordnet diejenige des Begehrens im engeren Sinn an. Da sich in den ersten zwei Klassen niedere sinnliche Elemente fanden, die wir weitläufig behandelt haben, reiht sich naturgemäß die Frage an, ob neben den Gefühlen noch ein eigenes Gebiet für Strebungen anzusetzen sei, und ob wir auch auf diesem Gebiet sinnliche Bewußtseinsvorgänge haben. Die Beantwortung führt zur Lehre von den sinnlichen Trieben und Instinkten. Ihre Behandlung verschieben wir der Übersichtlichkeit halber in das spätere Kapitel von Wille und Bewegung.

Dritter Abschnitt.

Die Wahrnehmungen.

Einleitung.

Nach Behandlung der sinnlichen Erkenntniselemente steigen wir zur nächsthöheren Stufe der Erkenntnisse empor; diese umfaßt nach allen die Vorstellungen und Wahrnehmungen; nach vielen auch die Gedanken, die auf diese beiden zurückführbar seien, eine Streitfrage, die uns eben hier zu erledigen bleibt.

Von dem Tisch, an dem ich sitze, habe ich nicht bloß Farben- und Druckempfindungen, sondern auch die Gesichtswahrnehmung eines Körpers von einer gewissen Höhe, Breite und Tiefe, also eine Raumwahrnehmung. Ergänzt wird sie noch durch mannigfache Vorstellungen über den Gebrauch des Tisches, durch Urteile, die sich an den Anblick anschließen. Aus diesem Komplex heben wir für unsere Untersuchung zunächst die Vorstellungen heraus, die im Gegensatz zu den Empfindungen sich als unabhängig von der Gegenwart äußerer Reize und insofern als etwas Höheres erweisen. — An zweiter Stelle wenden wir uns zur Vereinigung der Empfindungen und Vorstellungen in der Wahrnehmung. Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden: der einfachere, daß keine extensiven Elemente in die Verbindung eingehen, sondern es sich um die bloße Verschmelzung verschiedenartiger Elemente handelt, beispielweise in den Klangverbindungen. Komplizierter ist der Fall, daß ein neues formales Element dazukommt, wie es bei Gesichts- und Tastempfindungen in der Raumanschauung geschieht, bei allen Empfindungsarten in der Wahrnehmung der zeitlichen Aufeinanderfolge. Dann liegen extensive Wahrnehmungen vor. Bevor wir aus den einzelnen Wahrnehmungsarten die Summe für das Wesen der Wahrnehmung im allgemeinen ziehen, bleibt endlich die Frage zu entscheiden, ob die behandelten Gebilde die Gesamtheit der Kenntnisse umfassen oder ob es noch Erkenntnisse einer höheren, spezifisch verschiedenen Art gibt, welche sich so nicht erklären lassen: mit andern Worten: Welche Stellung kommt den Begriffen oder Urteilen zu?

Den Inhalt des Abschnittes kann man als sekundäre Erkenntnisstufe zusammenfassen. Hier ist der klarere Ausdruck Wahrnehmung vorgezogen, nicht als ob er alles einschlösse, sondern als Benennung nach dem überwiegenden Stoff, statt der genaueren, aber umständlicheren Bezeichnung: Vorstellungen, Wahrnehmungen und die Frage nach der Natur der Gedanken.

Erstes Kapitel.

Die Vorstellungen.

Literatur. *Fechner,* Elemente der Psychophysik II 464 ff. — *Perky,* An experimental study of imagination, in AmJPs 21 (1910) 422 ff. — *Schaub,* On the intensity of images, in AmJPs 22 (1911) 346 ff. — *L. Martin,* Die Projektionsmethode und die Lokalisation der Vorstellungsbilder, in ZPs 61 (1912) 321—546. — *C. Stumpf,* Empfindung und Vorstellung, 1918.

§ 1. Begriff der Vorstellungen.

Man unterscheidet Gedächtnis- und Phantasievorstellungen. Wir sprechen von einer Gedächtnisvorstellung, wenn wir nach einem Konzert noch längere Zeit eine gehörte Melodie innerlich wiederholen, also Töne innerlich hören, für die der äußere Reiz nicht mehr vorliegt. Freilich haben die Töne gewöhnlich viel von ihrer ursprünglichen Lebhaftigkeit eingebüßt. Nicht Gedächtnis-, sondern Phantasievorstellungen sind es, wenn wir innerlich Objekte aufbauen, die wir als Ganze nie gesehen haben.

1. Die Abgrenzung des Vorstellungsbildes. Die Eigenart des Vorstellungsbildes wird uns klarer werden, wenn wir es gegen die ähnlichen Vorgänge abgrenzen. Das sind nach unten, nach der Empfindung hin die Nachbilder; nach oben hin die Gedanken; zwischen beiden liegend vorstellungsartige Erscheinungen von außergewöhnlicher sinnlicher Lebhaftigkeit.

a. Die Nachbilder. Sie haben mit den Vorstellungen das gemein, daß sie ohne augenblickliche Einwirkung des Reizes entstehen; aber sie sind doch dessen unmittelbare Folge. Zu ihnen gehört das früher besprochene positive und negative Nachbild im Gesichtssinn. Auch das Druckbild überdauert ziemlich lang eine stärkere frühere Druckeinwirkung.

Die Unterscheidung der Nachbilder von den Vorstellungen macht für gewöhnlich keine Schwierigkeit. Die Nachempfindung ist zeitlich, ihrer Art und Größe nach ebenso fest an den äußeren Reiz gebunden wie die ursprüngliche Empfindung. Auch zeigt sie im Gegensatz zur gewöhnlichen Vorstellung die ganze Lebhaftigkeit der Empfindung. Das Nachbild kann leicht auf einen Schirm entworfen werden; erscheint dann flach wie dieser, während das Vorstellungsbild das körperliche Objekt nachahmen kann. Wird das Auge willkürlich bewegt, so folgt das Nachbild. außer bei zu schneller Bewegung, wo es verschwindet. Wird der Schirm geneigt. so wird das quadratische Nachbild zu einem Rechteck; überhaupt macht es alle Krümmungen des Schirmes mit, solange diese klar erkennbar sind. Auf der Ecke zwischen zwei Mauern erscheint es deshalb geknickt; ist die Ecke aber zu dunkel, so schwebt es in der Luft. Nach *Volkmann* paßt es sich sogar der scheinbaren Fläche an; wenn man in eine perspektivische Zeichnung einen Körper hineinsieht. wird das Nachbild auf ihr entsprechend dem bedeckten Scheinkörper gestaltet. Entfernt man den Schirm mit dem Nachbild darauf, so wächst dessen Größe proportional der Entfernung an: das *Emmert*sche Gesetz. Nur bei sehr großer Entfernung löst es sich wohl vom Schirm. Wird es auf das Himmelsgewölbe geworfen, so erscheint es verschieden groß, je nach der Entfernung, in der dieses gesehen wird. Ähnliches gilt bei geschlossenen Augen. Das Nachbild mischt seine eigene Farbe mit der der Grundlage. Das Vorstellungsbild bleibt, solange man will, das Nachbild nicht.

b) Die Wiederholungsempfindungen zeigen noch größere Annäherungen an die Vorstellungen (*Fechner* 499 ff.).

Henle erzählt: Als er vormittags stundenlang unter dem Mikroskop Präparate beobachtet hatte und dann abends auf dem Sofa saß, sah er beim Reiben des Auges, beim Husten usw. plötzlich das leuchtende Bild jener Präparate mit allen Einzelheiten wieder vor sich, mit derselben Bewegung wie vorher im Mikroskop. Ähnliches erzählt *Fechner* von sich selbst. Der Philosoph *Mendelssohn* hatte eine Zeitlang eine Nervenkrankheit; da pflegte er abends alle Worte, die ihm tagsüber gesagt worden waren, wieder zu hören, als würden sie ihm mit lauter Stimme zugerufen. *Kroh* beobachtete die Erscheinung bei sich, wenn er einige Minuten dem Zu- und Abflug der Bienen zugeschaut oder dem Gewimmel des Ameisenhaufens; oft auch beim Schneefall. Nach einer tagelangen Eisenbahnfahrt hört man oft noch längere Zeit nach dem Verlassen des Zuges das Eisenbahngeräusch mit voller sinnlicher Deutlichkeit. Schon diese Beispiele zeigen, daß die Erscheinung in Zuständen der Ermüdung häufiger ist. Nach *Kräpelin* sind es besonders rhythmische Vorstellungen, ein Vers, ein Zitat, eine Melodie, die wir oft nicht loswerden können. *Fechner* nennt die Erscheinung „Sinnesgedächtnis", weil es scheinbar nicht Vorstellungen, sondern Empfindungen sind; ja *Ebbinghaus* definiert sie geradezu als die Fähigkeit, früher Erlebtes nicht bloß in Vorstellungen, sondern in echten Empfindungen wieder zu erleben.

Der Unterschied von den Nachbildern liegt hier auf der Hand. Das Nachbild folgt stets sofort dem Vorbild, das Wiederholungsbild kann viele Stunden später eintreten. Für die Gewinnung eines Nachbildes genügt sehr kurze Einwirkung des Reizes, im Gegensatz zur Wiederholungsempfindung. Vor allem ist unterscheidend, daß die Wiederholungsbilder auch Bewegungen der Objekte wiedergeben, was bei einem Nachbild ausgeschlossen ist. Hat man ein bewegtes Quadrat fixiert, indem man ihm mit dem Blick folgte, so ist das Nachbild im ruhenden Auge ein ruhendes Quadrat. Ist man beim ursprünglichen Betrachten des Quadrates seiner Bewegung nicht gefolgt, so entsteht als Nachbild ein verwaschener Streifen, der selbst ruht. — Als Unterschied der Wiederholungsempfindung von der gewöhnlichen Vorstellung kann man vorläufig ihre volle sinnliche Lebhaftigkeit angeben. Ob dieser Unterschied ein wesentlicher ist, bleibt uns noch zu untersuchen.

c) Die Erinnerungsnachbilder beschreibt *Fechner*: Ich erhalte ein Erinnerungsnachbild, wenn ich einen Gegenstand momentan scharf anschaue, dann sofort die Augen wegwende und während des Wegwendens die Erinnerungstätigkeit in Kraft setze. Ich sehe dann das Bild einen Moment ziemlich deutlich mit der Zeichnung und selbst Farbe des Objektes; nur verlöscht seine Bestimmtheit und Farbe für mich sehr schnell. Dieses Erinnerungsnachbild ist nach *Fechner* nicht ein gewöhnliches Nachbild, gegen das man sich rein untätig verhält und das auch ein größeres Objekt mit allen Einzelheiten geben kann. Das Erinnerungsnachbild muß vielmehr aktiv hervorgebracht werden, ist von der Aufmerksamkeit abhängig usw.

L. Martin fand bei experimenteller Nachprüfung, daß im Erinnerungsnachbild in Wirklichkeit Nachbild und Vorstellungsbild durcheinander gehen, zuweilen ineinander verschmolzen, zuweilen nebeneinander. Zuerst erscheint das eigentliche Nachbild, das keine Aufmerksamkeit verlangt und nicht zurückgerufen werden kann. Dieses kann, durch Anstrengung ergänzt, zum gewöhnlichen Gedächtnisbild werden. Eine Störung kann es für das Nachbild kaum geben; dagegen stört beim Gedächtnisbild jedes Geräusch. Danach wäre *Fechners* Erinnerungsnachbild ein momentan durch Spuren des Nachbildes erhelltes Gedächtnisbild.

d) Viel häufiger als mit Nachbildern verwechselt man die Vorstellungen mit verschiedenen Arten von Ersatzerkenntnissen; seien es Empfindungen oder andere Vorstellungen, als die beabsichtigten oder unanschauliches Wissen.

Schon *Külpe* wies auf indirekte Hilfsmittel hin, durch welche man häufig eine Vorstellung ersetzt. So kann man die Stärke eines Schalles durch den Grad des Zusammenfahrens kennzeichnen, den er bewirken würde, und daran z. B. bemessen, ob ein gegenwärtiger Schall einem früher gehörten gleich ist. Eine Raumgröße kann man sich durch die Blickbewegungen vergegenwärtigen, einen Rhythmus durch inneres Taktieren, eine Zeitdauer durch Veranschlagung der unterdessen abgelaufenen Ereignisse.

Müller-Freienfels (Das Denken und die Phantasie, 1916) spricht den meisten Menschen fast alle Arten von eigentlichen Vorstellungen ab. Man hat nach ihm statt Geruchs- und Geschmacksvorstellungen gewöhnlich nur eine Erneuerung des gleichen Gefühlstones. Die Begründung dafür, daß man sich auf einer heißen Wanderung nicht durch die Vorstellung eines Glases Bier erquicken könne, ist freilich nicht ernst zu nehmen. Das verlangte eben eine Vorstellung von sinnlicher Lebhaftigkeit, abgesehen von den andern Wirkungen des Getränkes. Für Tast- und Berührungsvorstellungen treten besonders zufällig vorhandene Hautempfindungen, etwa von den Kleidern, ein. Wenn man einen Ton innerlich zu hören glaubt, singt man ihn gewöhnlich nur, d. h. man stellt die Stimmorgane danach ein. Eine Akkordvorstellung wird in ein Nacheinander aufgelöst und behält so eine Gesamtwirkung, besonders in den Gefühlen. Die anschaulichen Gehörvorstellungen seien für die Mehrzahl der Menschen zu leugnen, wenn auch Ausnahmen vorkommen können. Nur beim Gesichtssinn gibt er das Vorkommen wirklicher Vorstellungen für die meisten Menschen zu, obwohl es auch hier an andern Elementen nicht fehlt. — *Stumpf* möchte die beschriebene Dürftigkeit aller Vorstellungen nicht als normalen Zustand betrachten, sondern höchstens für den abstrakten Gelehrten gelten lassen. Immerhin offenbart uns das Gesagte eine Fehlerquelle, daß in gutem Glauben eine Vorstellungsart angenommen werden kann, die als solche fehlt.

Ebenso häufig ist die Verwechslung wirklicher Vorstellungen mit bloßem unanschaulichen Wissen um den Inhalt. Manche Beobachter waren bei den Versuchen *L. Martins* überrascht, viel schwächere Gesichtsvorstellungen vorzufinden, als sie früher bei sich angenommen hatten. Bisweilen kann man sich noch vollständig an den Inhalt des Objektes erinnern, ohne ein entsprechendes Bild erzeugen zu können; ja dieses Wissen leitet die Versuche zum Aufbau des Bildes. Stärke und Inhalt des Vorstellungsbildes schwanken, während das Wissen darüber unverändert bleibt. Dieses Wissen verbessert oft das Vorstellungsbild, dessen Fehler man kennt. Andere Male kann freilich auch ein Vorstellungsbild unabhängig vom Wissen auftauchen, etwa aus einem Nachbild heraus (ZPs 65, 417 ff.). — Ebenso *Külpe*: Das Wissen vom Gegenstand ist noch nicht der Inhalt des Bildes. Wir haben oft dürftige Bilder; das kommt uns zum Bewußtsein, weil wir eine genauere Kenntnis der Gegenstände haben, auf die sie gehen. — Das Wesen dieses unanschaulichen Wissens bleibt uns später aufzuklären. Einstweilen ist die Feststellung von Bedeutung, daß es manchmal Vorstellungen vortäuscht. Was sind mithin diese Vorstellungen in sich?

2. Die Eigenschaften der Vorstellungen im allgemeinen.

In der Ausdrucksweise herrscht keine volle Übereinstimmung. Die Vorstellung ist uns das, was die alte Psychologie „phantasma" nannte: sei es nun eine Gedächtnisvorstellung, welche ein früher gesehenes Objekt, eine gehörte Melodie usw. mit mehr oder weniger Treue wiedergibt, oder eine Phantasievorstellung im engeren Sinn, eine Vereinigung zu einer neuen, nicht früher gesehenen Verbindung.

Die englische Psychologie spricht hier gewöhnlich von Ideen (idea), woher Ausdrücke wie Ideenassoziation. Manche Forscher sprechen von zentral erregten Emp-

findungen. Indessen scheint es dem wissenschaftlichen Sprachgebrauch entsprechender, das Wort Empfindung auf das durch die äußeren Reize oder gleichwertige Ursachen bewirkte Element der Wahrnehmung zu beschränken. *Wundt* verwendet das Wort Vorstellung allgemein für zusammengesetzte Erkenntnisgebilde, also für dasjenige, was gewöhnlich Wahrnehmung heißt. Aber wo man genau unterscheiden will, wird man besser tun, mit der gewöhnlichen Sprache das Wort Vorstellung auf die sinnlichen Abbilder, die Phantasie- oder Gedächtnisbilder zu beschränken.

Einteilung. Einfache und zusammengesetzte Vorstellungen: die einfachen sind Erneuerungen früherer einfacher Empfindungen, die zusammengesetzten dagegen deren Komplexe. Alle freie Phantasietätigkeit beschränkt sich auf bloße Umlagerungen, die Elemente müssen früher als wirkliche Empfindung dagewesen sein. Ein Blindgeborener hat keine Farbenvorstellung.

Der Vorstellung schreibt man dieselben Eigenschaften zu wie der Empfindung, deren Erneuerung sie ist: Qualität, Intensität, räumliche Anordnung je nach dem Sinnesgebiet, und zeitliche Dauer. Der Qualität nach unterscheiden sich die Vorstellungen nach den verschiedenen Sinnen. Die Vorstellung eines bestimmten Objektes kann mehreren Sinnesgebieten zugleich angehören; die Vorstellung der Apfelsine enthält etwa Farbe, Geschmack und Aroma; eine Wortvorstellung kann zugleich akustisch, kinästhetisch und optisch sein, d. h. man kann innerlich das Wort hören, die Artikulationsempfindung seiner Aussprache haben und das Schriftbild des Wortes vor sich sehen. Nach *Külpe* ist die Anzahl der unterscheidbaren Qualitäten bei den Vorstellungen viel kleiner als bei den Empfindungen. Töne kann man objektiv unterscheiden bei einer sehr kleinen Reizdifferenz (einer Schwingung und weniger), während es nicht gelingt, sich solche kleine Verschiedenheiten vorzustellen.

Es gibt auch Vorstellungen von Vorstellungen, z. B. wenn ich mir den Helden eines Romans, dem nicht eine Wirklichkeit, sondern eine frühere Einbildung zu Grunde liegt, vorstelle. Doch sind das nicht neuartige Gebilde, sondern derselben Art wie sonstige Vorstellungen. Es sind einfach stellvertretende Vorstellungen. Die Vorstellungen treten häufig als bloße Ergänzungen von Wahrnehmungen auf (als „Assimilationen“), z. B. bei gesehenem Zucker die Geschmacksvorstellung süß.

§ 2. Der Unterschied von Empfindung und Vorstellung nach der gewöhnlichen Beobachtung.

1. Der empirische Gegensatz zwischen Empfindung und Vorstellung, wie er sich besonders in solchen Vorstellungen offenbart, die möglichst weit von den Empfindungen entfernt sind, wird etwa folgendermaßen beschrieben:

Am meisten fällt der große Unterschied, man möchte sagen Gegensatz, in der Intensität auf. Die Vorstellungsbilder sind schwach, sehr wenig eindringlich, blasse, körperlose Bilder. Sie sind ferner außerordentlich lückenhaft, arm an unterscheidenden Merkmalen; nur ein kleiner Teil des Gesehenen ist in der Vorstellung wiedergegeben. Die Vorstellungen sind zeitlich unbeständig und flüchtig, verdrängen einander beständig, gehen und zerfließen. Niemand kann sich eine Umgebung so konstant vor die

Seele zaubern, wie sie bei der Wahrnehmung vorliegt. Bei der Wahrnehmung dagegen hält trotz wechselnder Auffassung der Reiz dieselbe Gestalt immer aufrecht.

Ein klarer Unterschied ist der der Aktivität. Bei den Vorstellungen haben wir das Bewußtsein, selbsttätig zu sein; bei den Empfindungen eher, uns rein passiv zu verhalten. Die Richtung der Aufmerksamkeit ist nach *Fechner* eine verschiedene. Um ein Erinnerungsbild zu erzeugen, muß man die Aufmerksamkeit vom Sehorgan wegwenden, gewissermaßen nach innen richten. Deshalb ist es schwer, ein Gesichtsobjekt gleichzeitig mit einem visuellen Erinnerungsbild gegenwärtig zu halten. Höchstens scheint ein schneller Wechsel zwischen Wahrnehmung und Erinnerungsbild möglich. Verschieden ist auch die Art der Spannungsempfindungen. Bei einer äußeren Wahrnehmung hat man zugehörige Muskelempfindungen in dem betreffenden Sinnesorgan, z. B. Augenbewegungen, Konvergenz oder Akkommodationsanstrengungen usw. Beim Vorstellungsbild treten dafür Muskelempfindungen auf, welche mit der inneren Tätigkeit zusammenhängen. Man hat das Gefühl, daß der Kopf zusammengepreßt wird („sich den Kopf zerbrechen"); es bilden sich senkrechte Stirnfalten.

Die angeführten Unterschiede sind so groß, daß man unter normalen Umständen kaum je Empfindung und Vorstellung verwechseln wird. Das ist äußerst zweckmäßig. Sonst würden unsere objektiven Kenntnisse beständig durch subjektive Zutaten verfälscht. Manchen erschienen sogar die Unterschiede, besonders der Intensität unüberbrückbar, Empfindung und Vorstellung seien unvergleichbare, wesentlich verschiedene Dinge. Nach *Meynert* hätten Empfindungen und Vorstellungen nichts gemein, verhielten sich zueinander wie die Sache zu ihrem Wort. Die verschiedene Lebhaftigkeit der Vorstellungsbilder sei nur eine verschiedene Reichhaltigkeit. „Das Erinnerungsbild der leuchtenden Sonnenscheibe hat mit dem Lichteindruck so wenig gemein, daß es nicht dem unfaßbaren Billiontel der Leuchtkraft eines Glühwurms gleichkommt." Ähnlich *Ziehen*: Das Erinnerungsbild ist nicht, wie *Hume* meinte, eine schwächere Empfindung, sondern es besteht ein qualitativer Unterschied. Die sinnliche Lebhaftigkeit der Empfindung fehlt ganz. Wir können uns eine intensivere Empfindung vorstellen, aber deshalb ist die Vorstellung selbst nicht intensiver. Nicht anders urteilen *Jodl, Stout* und andere.

2. Beiträge zur Lösung durch die Fragebogenmethode. Mehr Klarheit brachte erst die statistische Methode, welche *Fechner* im engen Kreis seiner nächsten Bekannten und später andere in größerem Umfang anwandten. Die Umfrage *Fechners* (a. a. O. 469—491): Bei sich selbst fand er das Erinnerungsbild in der typisch abgeblaßten Weise, wie sie eben beschrieben wurde. Er konnte sich Farben im allgemeinen nicht vorstellen, sah in der Erinnerung die Gegenstände grau. Selbst seine Träume waren farblos. Klänge konnte er sich nicht in der Erinnerung vorstellen; ebensowenig Geschmack und Geruch. Auch das geläufigste Erinnerungsbild, so berichtet er, könne er nicht stetig festhalten, sondern müsse es immer wieder von neuem herstellen. Von seinen Bekannten hatte ein Physiologe auch nur schwache und undeutliche Erinnerungsbilder, dagegen oft vor dem Einschlafen die bekannten Halluzinationen in voller objektiver Lebhaftigkeit. Ein befreundeter Mathematiker erzeugte leicht farbige Erinnerungsbilder, aber ohne bleibende, feste Formen; auch konnte er sie nicht festhalten. Im Traum hatte er die farbenprächtigsten Bilder. Nur konnte er nie das Bild in das schwarze Sehfeld hineinzeichnen, fühlte die Muskelspannung beim Besinnen im Kopfe. Den höchsten Grad von deutlichen Vorstellungen zeigte ein Schriftsteller. der leicht und lebhaft

Erinnerungsbilder in ihren deutlichen Umrissen und mit vollen Farben sah. Er kann sie stetig festhalten, malt mit Leichtigkeit in das schwarze Sehfeld farbige Gegenstände und fühlt die Anstrengung dabei in den Augen. Nur wo er sich ein nicht geläufiges Bild zeichnen will, fühlt er die Anstrengung im Kopf.

Diese Beispiele zeigen, daß die anfangs gegebene Beschreibung der Eigenschaften der Vorstellungen durchaus nicht allgemeingültig ist, sondern eher einen Grenzwert darstellt. Vergleicht man die Vorstellungsbilder verschiedener Personen nach ihrer Lebhaftigkeit, so ordnen sie sich in eine ununterbrochene Reihe, die in die Lebhaftigkeit der sinnlichen Wahrnehmung einmündet.

Auf dem Gebiete der Tonempfindungen nimmt *Stumpf* ein ähnliches allmähliches Übergehen an. Man komme häufig in die Lage, sich zu fragen: Höre ich dieses eben noch, oder bilde ich es mir ein? Diese Ansicht, daß zwischen Vorstellung und Empfindung nur ein Intensitätsunterschied sei, findet sich nach ihm schon bei *Aristoteles, Hume* und andern.

Eine Bestätigung dieser Anschauungen auf breitester Grundlage lieferte *Galton* durch seine Fragebogenmethode (1880; vgl. *James,* Principles II 51 ff.). Auch er fand wie *Fechner* zunächst den Widerspruch vieler Bekannter aus wissenschaftlichen Kreisen, welche die Existenz von wahren inneren Bildern leugneten. Bei einer Nachprüfung von weniger Gebildeten fand sich dagegen eine Mehrheit, welche die Bilder in voller Klarheit hatte und in allen Einzelheiten beschrieb. Der Wert dieser Untersuchung liegt in ihrer umfassenden Allgemeinheit. Von da an wurde die Untersuchung der Vorstellungslebhaftigkeit ein beliebtes Thema psychologischer Statistik. *Titchener* gibt das Beispiel eines ausführlichen Fragebogens (Experimental Psychology vol. I, part. 1, 198). Es wird dort etwa gefragt: Man stelle sich einen Strauß Rosen vor, auf Farnblättern liegend in einer Pappschachtel; dann ist anzugeben, ob die Farben aller einzelnen Objekte natürlich sind, ob in guter Beleuchtung, scharf gezeichnet, ob vieles zugleich gesehen werden kann oder nur die Stücke hergestellt werden, um sofort wieder zu verschwinden. Kann der Geruch der Rosen. die Berührungsempfindung der Glätte, der Stich des Dorns natürlich lebhaft vorgestellt werden? Das Bild eines guten Bekannten muß auf seine Schärfe untersucht werden. Ebenso die Stärke der akustischen Vorstellungen bei einer bekannten Melodie, die man gesungen oder von Instrumenten gespielt hört; das Gedächtnis für Bewegungen des eigenen Körpers, für Gefühle, Affekte usw.

Immer und überall bestätigte sich die reiche Mannigfaltigkeit von Vorstellungsstärken, welche einst *Fechner* überraschte. Wer sich davon überzeugen will, der mache das Beispiel *Fechners* nach und lasse von einem Dutzend guter Bekannter von möglichst verschiedener Geistesrichtung und Begabung den Fragebogen ausfüllen. Man begreift dann besser Grenzwerte, wie die eines Malers, der innere Bilder ungefähr in der Deutlichkeit der Wirklichkeit vor sich sieht, und eines abstrakten Gelehrten, den die Beschreibung des Malers anmutet, als habe dieser die Frage mißverstanden.

3. Grenzwerte der Intensität.

a. Den Höchstwert bilden die öfter berichteten Fälle, wo die Lebhaftigkeit der Vorstellungen zur vollen Höhe der Empfindung heranstieg. So erzählt *Cardano* von sich, daß er sich alles, was er wollte, habe leuchtend vorstellen können. *Goethe* beschreibt die gleiche Gabe von sich selbst: wenn er die Augen schließe und sich eine Blume denke, so lege sie sich auseinander und entfalte sich weiter gegen seinen Willen zu immer neuen, schönen Formen, ähnlich wie in einem Kaleidoskop; festhalten könne er die Formen nicht. Der Anatom *H. Meyer* (Zürich)

brachte es durch lange Übung dahin, daß er alle Objekte, die er wollte, mit der Deutlichkeit der Empfindungen vor sich sah. Auch bei ihm wandelten sich dann die Gestalten nach einiger Zeit um. Die Farbe des Objektes hatte er nicht in der Gewalt, wenn sie nicht wesentlich zum Gegenstand gehörte. Die Gesichtsvorstellungen waren so stark, daß sie Nachempfindungen zurückließen. Von den Hautvorstellungen glückten nur solche in sinnlicher Lebhaftigkeit, die längere Zeit zur Bildung zuließen, wie Wärme, Kühle, Druck. Dagegen nicht schnell vorübergehende Empfindungen, wie Stich, Schlag, weil die Vorstellungen nicht so schnell zur nötigen Intensität zu bringen waren, wie es die Naturwahrheit dieser Erscheinungen verlangt. Die Hauptsache ist nach ihm, daß man die Anschauung durch ausschließliche Richtung der Aufmerksamkeit auf sie intensiv genug werden läßt und alle Störungen entfernt.

Die Lebhaftigkeit der Vorstellungen hängt allgemein ab 1) von der Naturanlage. Eine sehr große Fähigkeit der visuellen Anlage finden wir bei Rechenvirtuosen und Blindschachspielern, welche sich die ganze Stellung der Figuren genügend vorstellen müssen, um die Pläne für die folgenden Züge zu überlegen. Häufig ist die Fähigkeit bei Künstlern. Von einem Maler erzählt *Brierre de Boismont*, daß er im Jahr gegen 300 Porträts ausführte. Das war ihm nur möglich, weil er jede Person nur eine halbe Stunde sitzen zu lassen brauchte, wobei er sie ansah und sich einige Skizzen machte. Wollte er am Porträt weiterfahren, so setzte er einfach im Geist die Person auf einen Stuhl, wo er sie ebenso deutlich bemerkte wie in Wirklichkeit. *Beethoven* komponierte, schon völlig taub, einige seiner bedeutendsten Schöpfungen. Architekten geben an, sie könnten sich eine ganze Fassade mit vielen Einzelheiten naturgemäß vorstellen, oder das ganze Innere eines komplizierten Gebäudes, ehe sie es zu Papier bringen. *Rosegger* sagt von sich: Ich sehe die Personen meines Schreibens sehr lebhaft vor mir, so daß ich, zu mir gekommen, die Wand ganz erstaunt anstarre.

2) Eine andere Bedingung ist die Übung. Wer viel beobachtet, besitzt deutlichere Vorstellungen. Das erklärt einfach, warum viele Gelehrte die Deutlichkeit der Erinnerungsbilder unterschätzten. *Fechner* sagt von sich selbst: Ich muß mich gewöhnlich erst besonders anregen, um zu sehen oder zu hören, was um mich vorgeht. Bei der Heranbildung der Maler wird nicht selten die Methode benützt, daß ein Gegenstand eine Anzahl Minuten zur genauen Beobachtung ausgestellt wird und dann aus der Erinnerung nachgezeichnet werden muß. Auf diese Weise wird die visuelle Fähigkeit sehr gestärkt. 3) Von Bedeutung ist immer auch die Zwischenzeit, wie bei jeder Erinnerung. Die Ähnlichkeit schrumpft mit längerer Zwischenzeit zusammen. Auch wer eine äußerst schwache visuelle Vorstellungsfähigkeit hat, kann sofort nach der Wahrnehmung meist ein etwas besseres Bild erzeugen (das Erinnerungsnachbild *Fechners*).

b) Die normale Undeutlichkeit der Vorstellungsbilder (*G. E. Müller,* Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und der Vorstellungsbilder III, § 128). Die Undeutlichkeit der Vorstellungen kann verschiedene Grade haben. Von einer gelernten Silbe ist vielleicht nur noch der Vokal sichtbar, oder nur die Form der Silbe erkennbar, oder es gibt nur ein grauer Fleck seine Größe wieder, oder schließlich hat man nur einen Ansatz zu einer Gesichtsvorstellung. Es ist ein undeutliches kinästhetisches Bild, wenn einem „der Name auf der Zunge schwebt". Mit der Abnahme der Deutlichkeit geht im allgemeinen eine Verminderung der Intensität einher, ebenso eine geringere Eindringlichkeit. Die Undeutlichkeit der Vorstellungsbilder verwischt die Unterschiede; die verschiedensten Farben streben dann nach einem gemeinsamen Endziel. Die Deutlichkeit braucht nicht in den verschiedenen Eigenschaften gleichen Schritt zu halten: Undeutlichkeit der Form kann mit Deut-

lichkeit der Farbe verbunden sein. Nach *Kuhlmann* sind bisweilen die vorgestellten Wörter nicht mehr zu erkennen, wohl aber noch ihre Klangfarbe, ihr Rhythmus.

Die Ursache der Undeutlichkeit ist eine verschiedene: bisweilen ein Mangel der Reproduktion. Man kann solche undeutliche Bilder dann beschreiben, indem man ähnliche Empfindungen angibt; so hat man auf optischem Gebiet die Worte neblig, verschwommen, schmutzige Farbe. — Eine andere Ursache der Undeutlichkeit ist zeitlicher Mangel, wenn die Entwicklung des Bildes etwa unterbrochen wurde. Oft kann nicht einmal über das Sinnesgebiet entschieden werden. Bei abnehmender Zeitdauer werden die Bilder immer formloser, so daß man geneigt ist, jedes Vorstellungsbild zu leugnen. — Ein anderer Grund kann die mangelhafte Zuwendung der Aufmerksamkeit sein. Da ist eine nachherige Beschreibung unmöglich, die immer die Zuwendung der Aufmerksamkeit voraussetzt. Bei verteilter Aufmerksamkeit oder flüchtiger Beobachtung kann man vielleicht nachher nur sagen, daß ein Dreieck da war, aber nicht mehr, von welcher Art.

4. Schlußfolgerung. Aus der Übersicht der bisherigen Beobachtungen läßt sich über die Unterschiede zwischen Empfindung und Vorstellung folgendes sagen:

a) Die Intensität kommt der wahren sinnlichen Vorstellung in gleicher Art, nur in geringerem Grade zu wie der Empfindung. Die Vorstellungen liegen gewöhnlich unterhalb der Empfindungsreihe, wie *Stumpf* annimmt mit einer Mittelzone, die beide Gebiete scheidet. Die Intensitätsverschiedenheit aller Vorstellungen scheint eine kleinere Ausdehnung zu haben als die der Empfindungen.

Für diese wesentliche Gleichheit spricht sehr überzeugend die Tatsache des allmählichen Überganges, der Zweifel an der Grenze, ob Vorstellung oder leise Empfindung vorliegt. Noch höher in der Intensitätsreihe liegen die Wiederholungsempfindungen, bei denen subjektiv schon Empfindungsintensität beobachtet wird. Mit den Fällen halluzinatorischer Lebhaftigkeit wie bei *Goethe, H. Meyer* greift die Vorstellungsintensität schon tief in das Gebiet der Empfindungsstärke über, und nur andere Umstände, besonders die Abhängigkeit vom Willen, lassen die Vorstellungsnatur erkennen. Die Ansicht *Meynerts*, die Vorstellung verhalte sich zur Empfindung wie ein algebraisches Zeichen zum Ding, widerspricht durchaus den Tatsachen. Mit Recht fügt *Stumpf* bei, daß das Gesagte auch von den Tonvorstellungen gilt. Man kann sich bei geeigneter Begabung Tonhöhe, Klangfarbe, verschiedene Stärke. Anschwellen usw. klar vorstellen. Der Versuch, die Tonstärke in der Vorstellung durch stärkere Spannung der Muskeln beim Mitsingen zu ersetzen, müßte wenigstens für die Spannungsvorstellungen Intensitäten annehmen; dann ist kein Grund, sie für die Töne zu leugnen.

Gegen diese Erklärung hann man einwenden: dann verliere der Begriff der Schwelle für Empfindungsintensität seinen Sinn, wenn doch unter ihr noch Intensitäten derselben Art, nämlich von Vorstellungen liegen. Auch scheint es unnatürlich anzunehmen, daß beim Abnehmen der Intensität die Tonerscheinung bei der Empfindungsschwelle verschwinde und dann tiefer doch wieder auftauche in der Tonvorstellung. — *Stumpf* erwidert: Bei der Empfindungsschwelle sucht man eben die kleinste Intensität, die durch einen äußeren Reiz bewirkt wird, was von den beständig gegenwärtigen Vorstellungsintensitäten, die man nach Belieben verändern kann, nicht gilt. Dagegen ist eine schwächere Intensität, die durch innere Ursachen bewirkt wird, noch möglich.

Der wahre Kern der Schwierigkeiten, der sich in den Äußerungen von *Ziehen, Lotze* u. a. ausdrückt, hat übrigens einen andern Sinn. Es ist die Tatsache, daß

eine schwache Vorstellung nicht dasselbe ist wie die Vorstellung eines schwachen Tones (*Ziehen*), daß ein starker Ton mit schwacher Lebhaftigkeit vorgestellt werden kann und umgekehrt (*Ebbinghaus*); ähnlich *Külpe*. Daher die Versuche, im Vorstellungsakt eine eigene Lebhaftigkeit von der Stärke des bloß dargestellten Tones zu unterscheiden und beide als unabhängig veränderlich voneinander zu betrachten. — Aber die Stärke ist ja auch bei der Empfindung nichts anderes, als eine Eigenschaft des Inhaltes, die allein das ausmacht, was wir Tonstärke nennen. Ebenso ist die Stärke der Vorstellung eine Eigenschaft ihres eigenen Inhaltes. Wenn also neben dieser Stärke des Vorstellungsinhaltes noch durch etwas anderes die Verschiedenheit des früheren Tones wiedergegeben wird, so muß das auf begleitende Vorstellungen oder Erkenntnisse zurückgehen, auf Nebeninhalte. Es handelt sich dabei, wie *Stumpf* mit Recht sagt, um eine Deutung der Vorstellung. Beim vorgestellten fortissimo habe ich zunächst eine Vorstellungsintensität, die von der Intensität des früher gehörten Tones weit entfernt ist und nur relativ zu andern Vorstellungen als besonders stark gelten kann. Dazu kommen aber Nebenvorstellungen, wie die optischen der aufgeblasenen Backen der Bläser, die kinästhetischen des Zusammenfahrens infolge des Paukenschlages, das Wissen um die Stelle in der Skala der möglichen Tonstärken, was alles die richtige Stärke des früheren Tones festlegt. Nimmt man deshalb die intensive Tonvorstellung mit dieser Deutung zusammen, so kann man wohl mit *Lotze* in dem Ganzen ein Symbol für die wirkliche Stärke sehen (*Ebbinghaus-Bühler*).

b) Auch von den übrigen anfangs genannten Unterschieden zwischen Empfindung und Vorstellung haben sich schon eine Reihe als überbrückbar herausgestellt. So sind beim Gesichtssinn Qualität, Räumlichkeit, Zeitlichkeit, Helligkeit zweifellos gleicher Art. Die Freiheit oder Unbestimmtheit der Lokalisation, die zeitliche Flüchtigkeit, die Lückenhaftigkeit können gelegentlich sehr zurücktreten. Praktisch ist eine wichtige Unterscheidung die Abhängigkeit vom Willen. Aber bei sehr starken Vorstellungen ist die Weiterentwicklung des Bildes vielfach dem Willen entzogen, nur ein Abbrechen ist da möglich. Manchmal ist auch bei Vorstellungen die Aufmerksamkeit auf das Sinnesorgan gerichtet, wird das Bild in das schwarze Gesichtsfeld eingezeichnet. So stark also alle diese Unterschiede für gewöhnlich sind, so bilden sie keinen wesentlichen Gegensatz.

Worin der Hauptunterschied der Vorstellung bestehe, ist keine Frage von sachlicher Bedeutung. Die gewöhnliche Ansicht sah ihn in der Intensität. So neuerdings auch *Stumpf*, *Ebbinghaus-Bühler*. Die schwächere Intensität, verbunden mit der geringeren Fülle an Einzelheiten, ist ein Hauptpunkt in der Bildhaftigkeit der Erscheinung. Die Vorstellungen verhalten sich wie Empfindungen unter ungünstigen Umständen, ähnlich den Bildern von Objekten (*Stumpf*).

§ 3. Experimentelle Untersuchungen über die Eigenschaften der Vorstellungen.

1. Die Methodik. Die Fragebogenmethode hat trotz ihrer unleugbaren Leistungen im ganzen eine mehr wegweisende Bedeutung und verlangt eine Bestätigung durch das Experiment. So mag mancher befragte Beobachter sein Wissen um Einzelheiten des Objektes mit dem innerlichen Sehen verwechselt haben. Außerdem stehen der freien Beobachtung keine Maßstäbe zu Gebote. Der Beobachter nennt die Bilder mehr oder weniger stark, indem er sie vielleicht mit der unbekannten Stärke seiner gewöhnlichen Vorstellungen vergleicht. Dem kann erst abgeholfen werden, indem man die Vorstellungen unter Bedingungen erzeugen läßt, welche eine Vergleichung mit gleichzeitigen Empfindungen erlauben.

Külpe prüfte die Intensität, indem er dazwischen schwache Lichtreflexe an der Wand bot; lagen diese nahe der Schwelle, so wurden häufig subjektive Empfindungen für objektiv gehalten oder umgekehrt. Noch näher brachte die Methode von *Perky* beide Erscheinungen. Auf einem Schirm war die Vorstellung eines bestimmten Gegenstandes zu entwerfen; zugleich wurden, den Beobachtern unbekannt, dieselben Objekte in schwächster Helligkeit und sonstigen vorstellungsähnlichen Eigenschaften auf denselben Schirm objektiv geworfen. Fast immer hielten die Beobachter die projizierten Bilder für eigene Phantasievorstellungen; auch solche, die viel Übung im Beobachten von Vorstellungen hatten, und sie wollten es kaum glauben, als ihnen der wahre Tatbestand mitgeteilt wurde. *Schaub* ließ ein gegebenes Geräusch nach einiger Zeit innerlich nachbilden; dann wurde der Reiz wiederholt und mit der eben dagewesenen Vorstellung verglichen. Dieser nachfolgende Reiz wurde so lang abgeändert, bis er mit der vorhergehenden Vorstellung gleich erschien usw.

Martin verwendete die Projektionsmethode. Die Versuchsperson hatte auf eine leere Fläche neben ein gesehenes Objekt (eine Ansichtspostkarte) dessen Vorstellungsbild zu entwerfen und nun Objekt und Bild zu vergleichen. Diese Aufgabe brauchte sehr verschiedene Zeit, zwischen 3—40 Sekunden. Übung verkürzt die Zeit, Ermüdung verlängert sie. Die Einzelzüge treten von selbst hervor oder können herausgearbeitet werden. Anfangs war es schwer, das Bild als Ganzes festzuhalten; die Teile mußten durch wiederholtes Anschauen verstärkt werden. Bald aber wurde das Festhalten leichter; ja oft waren die Bilder so dauerhaft, daß sie unbequem lang blieben. Bild und Objekt werden hier nebeneinander in demselben Gesichtsfeld gesehen, können deshalb besser verglichen werden. Ebenso werden beide dann unter den gleichen Bedingungen des Hintergrundes dargeboten, dessen Einfluß auf das Bild untersucht werden kann.

2. Allgemeine Ergebnisse über die Eigenschaften der Vorstellungsbilder.

Bei *Külpe* wurden als Kriterien der Objektivität folgende angegeben: Größere Helligkeit und Unveränderlichkeit, plötzliches Auftreten, räumliche Bestimmtheit, Verschwinden bei Augenschluß, Unbeweglichkeit bei Augenbewegungen. Damit erlangten Geübte schon bei eben merklichen Empfindungen große Sicherheit. Also die Grenze beruht auf Erfahrung. — *Seashore* gelang es, künstliche Halluzinationen zu züchten. Er gab erst schwache Reize, die immer nach einem Signal erschienen. Das schuf eine gespannte Erwartung. Dann trat später die Erscheinung auch auf, wenn einmal der Reiz fehlte. Bei Tönen waren unter 60 Versuchen 34 erfolgreich. Auch wird wohl angegeben, der Ton sei ebenso stark wie der vorige objektive. Die Ähnlichkeit der Projektionsbilder mit dem Objekt schwankt bei *Martin* nach den Umständen. Sie gewinnen mit Übung an Deutlichkeit, Intensität und Stetigkeit. Die Behauptung *Fechners* von der verschiedenen Richtung der Aufmerksamkeit bestätigte sich nicht; das gleichzeitige Auftreten von Objekt und Bild im gleichen Gesichtsfelde konnte von vielen Beobachtern geleistet werden. Bisweilen treten assoziierte Empfindungen beim Objekt auf, ja selbst beim Bild, öfter Organempfindungen, Unlustgefühl wegen der Anstrengung. Das Bild erscheint bei geschlossenen Augen anfangs gewöhnlich spontaner, klarer, intensiver; doch ändert sich das mit der Übung. Das Projektionsbild ist nach allen dem Objekt ähnlicher, bisweilen ihm ungefähr gleich. Beim Anschauen des Bildes ist nichts zu entdecken, was nicht schon beim Objekt entdeckt war. Das Objekt ist konstant, das Bild nicht.

Wurde in den Versuchen *Martins* das Projektionsbild durch ein rotes Glas betrachtet, so wurde es bisweilen rot; wenn durch ein umgekehrtes Opernglas, bisweilen kleiner. Doch ließ es sich auch gleich groß machen.

Bei den akustischen Versuchen von *Schaub* wird oft ausdrücklich gesagt, daß die Intensität von Empfindung und Vorstellung genau gleich war. Schwache Töne werden recht genau wiederholt; ob das bei den lautesten Tönen auch möglich ist, blieb zweifelhaft. Das eigentlich Unterscheidende liegt für die meisten Beobachter in andern Eigenschaften, besonders in der Unvollständigkeit des Bildes; es heißt, das Bild habe weniger Volumen, weniger begleitende Muskel- und Organempfindungen, Lebhaftigkeit, Schärfe, Fülle. Es fehlen im vorgestellten Ton gewisse kinästhetische Begleiterscheinungen, Kehlkopfspannungen, die für die Empfindung bezeichnend sind; das Bild werde weniger stabil und eindringlich.

3. Verschiedene Arten der Vorstellungen. Gegenüber der Behauptung, daß niedere Sinne fast keine Vorstellungen liefern, stellte *Henning* bei mehreren Versuchspersonen deutliche Geruchsvorstellungen fest. Schon in der Rundfrage von *Ribot* hatten 12% angegeben, sie könnten sich fast alle Gerüche vorstellen, meist neben visuellen Bildern. *Henning* selbst gelingt es, mehrere Gerüche zu einer Einheit vereinigt vorzustellen. Geschmacksvorstellungen lassen sich als Teile bekannter Mischungen vorstellen oder als Bestandteil eines „Geruches".

Alice H. Sullivan (AmJPs 32 [1921]): Bei gewohnten Bewegungsvorstellungen und passivem Verhalten erwiesen sich die kinästhetischen Vorstellungen den Empfindungen fast in allem nachstehend; die Qualität ist nur Druck, nie Spannung; die Intensität schwach, die Ausdehnung beschränkt, Dauer kurz; die Vorstellungen waren nahe der Oberfläche bestimmt lokalisiert, zeigten im Gegensatz zu den vielgestaltigen Empfindungen dieselbe einförmige Gestalt eines kleinen Flecks oder Striches, sind meist flächenhaft, haben wenig zeitliche Veränderung. Das Verhältnis ändert sich sofort, sobald ungewohnte Bewegungen aktiv vorgestellt werden, wie die Treppe herabspringen, auf dem Seil gehen. Da gibt es reiche Vorstellungen. Die Qualität ist dann der Empfindung ähnlich, Druck, Schmerz, Spannung usw.; die Intensität durchläuft alle Abstufungen von schwach zu stark; ebenso Ausdehnung und Dauer. Die Lokalisation ist wie bei der Empfindung tief und unbestimmt, mit vieler individueller Verschiedenheit. Die Gestalt ist noch mannigfaltiger als bei der Empfindung mit Verschiedenheiten in Qualität, Intensität und Lebhaftigkeit; zeitliche Veränderung fehlte; das Bild bleibt ganz ausgestaltet wie ein Objekt im Raum. — Dagegen nimmt sich die Hautsinnvorstellung (*Cath. Braddock:* AmJPs 32 [1921]) ärmlich aus. Es blieb sogar zweifelhaft, ob Vorstellungen dieser Art überhaupt zustande kamen; jedenfalls waren sie selten und immer an visuelle und kinästhetische Elemente gebunden. Die Vorstellung eines kalten oder warmen Luftstoßes war unbestimmt. Die Ausdehnung und Lokalisation kommt sicher nur von den Gesichtsvorstellungen.

Der Unterschied von Gedächtnis- und Phantasiebildern zeigt nicht immer das gleiche Ergebnis, was an den verschiedenen Versuchsbedingungen liegen mag. Allgemein heißt es: Die Bilder bekannter Objekte haben gewohnte Lage, reicheren Hintergrund, viele und klare Einzelheiten, wecken viele Empfindungen und Erinnerungen, was alles bei allgemeinen Beziehungen fehlt. Die Gedächtnisbilder sind nach *Martin* leichter herzustellen, dauern länger, lassen sich besser nachzeichnen, sie haben mehr Wirksamkeit und Natürlichkeit; sie wecken eher Augenbewegungen. Wenn *Perky* bei Phantasiebildern engeren klareren Bewußtseinszustand findet, den Charakter des Neuen, Phantastischen, zeigt die Beschränkung „außer bei alltäglichen Objekten", daß nur eine bestimmte Klasse besonders anziehender Phantasiebilder beobachtet worden war. (vgl. *Helen Clark,* AmJPs 27 [1916]).

4. Die Anschauungsbilder.

Literatur. *Urbantschitsch,* Über subjektive optische Anschauungsbilder, 1907. — Eine Reihe Arbeiten von *E. R. Jaensch* und seiner Schule, *Paula Busse, Kroh, Edith Gottheil, A. Gösser, W. Jaensch, B. Hertwig, Reich, Krellenberg,* in ZPs 84—88. — *Kroh,* Subjektive Anschauungsbilder bei Jugendlichen, 1922.

a) Nachdem *Urbantschitsch* auf die Anschauungsbilder einzelner Personen mit vielen ihrer Eigentümlichkeiten aufmerksam gemacht, gelang es *Jaensch,* in der „klinischen Sonderbarkeit" eine normale Erscheinung eines großen Bruchteils aller Jugendlichen nachzuweisen. Das Anschauungsbild steht in der Höhenreihe der Gedächtnisbilder in der Mitte zwischen dem niederen, empfindungsartigen Nachbild und dem höchsten, dem gewöhnlichen Vorstellungsbild. Seine Erzeugung verlangt nicht feste Fixation des Vorbildes wie das Nachbild. Es dauert sehr viel länger an, fast beliebig, kehrt nach einer Unterbrechung wieder, ist durch Vorstellungen zu beeinflussen. Bisweilen entwickelt es sich schon während des Betrachtens der Vorlage als Schleier darüber, bisweilen erst nach deren Wegnahme. Der Reichtum der gesehenen Einzelheiten kann außerordentlich groß sein, die aus dem Bild abgelesen werden können, wie in der Wahrnehmung. Im Anschauungsbild hat man — und das ist die Hauptsache — den Eindruck, das Objekt selbst zu sehen. Bei den untersuchten Dreizehnjährigen war es bei einem Drittel vorhanden, in Spuren noch häufiger; im späteren Alter klingt es dann immer mehr ab. Die Erscheinungen bei den jugendlichen Eidetikern, wie man die Inhaber starker Anschauungsbilder nach *Jaensch* nennt, erweisen sich als streng gesetzmäßig. Die Ausdehnungen können oft mit dem Zirkel gemessen werden wie bei Wahrnehmungen.

Ein Eidetiker sah das Anschauungsbild in größerer Leuchtkraft und lebhafterer Färbung als das Urbild, so daß bei Vereinigung beider nun das Urbild in unnatürlich leuchtenden Farben erschien. Er verwechselte bisweilen Anschauungsbild und wirkliches Objekt, bis er bei Augenbewegung das Mitgehen des ersteren bemerkte. Die Farben erscheinen ihm übrigens lockerer als gewöhnliche Dingfarben. Bei Seidenfäden kann der Unterschied zwischen Objekt und Bild verschwinden. Die Behauptung von *Urbantschitsch,* daß bisweilen im Anschauungsbild Einzelheiten zu erkennen seien, die im Urbild ganz unerkennbar waren, konnte *Jaensch* nicht bestätigen; das Objekt war beim Anschauen wohl richtig abgebildet, aber vorläufig nicht genügend aufgefaßt worden.

Die eidetische Anlage läßt viele Grade zu. Bisweilen umfaßt das Anschauungsbild bloß Teile des Objektes oder werden nur Umrisse ohne Einzelheiten sinnlich gesehen. *Gottheil* findet, daß auch die nicht-eidetischen Jugendlichen Ansätze dazu nachweisen lassen, indem bei ihnen Nachbild und Vorstellungsbild sich messbar in der Richtung auf das Anschauungsbild hin verschieben. Die andere Grenze bedeutet der Einheitstypus (*Krellenberg*) derjenigen Eidetiker, bei denen alle drei Gedächtnisbilder übereinstimmen, die die Anschauungsbilder mit der Wirklichkeit völlig gleich finden. Ein solcher war kaum zu überzeugen, daß das negative Nachbild nicht wirkliche Pappe sei.

Auch bei Hautempfindungen finden sich Anschauungsbilder ebenso häufig wie optische. Wenn einige Striche über die Haut nachher vorzustellen waren, finden

manche die Intensität dieser Vorstellung fast gleich der vorigen Empfindung. Besonders können Schmerzen in Erinnerung die frühere Höhe wieder erreichen. Auf akustischem Gebiet waren die Anschauungsbilder zehnmal seltener. *W. Jaensch* unterscheidet bei den Anschauungsbildern zwei Typen: den T-Typus, dessen Bilder dem Nachbild nahe stehen, starr und wenig zu beeinflussen sind, oft lästig, mit Zwangscharakter, meist flächenhaft und komplementär gefärbt; und den B-Typus, dessen Bilder besonders lebhaft, körperlich, meist urbildmäßig gefärbt, aber durch den Willen beeinflußbar sind. Beim T-Typus können die Anschauungsbilder durch Kalkgaben abgeschwächt werden.

Die Anschauungsbilder lassen sich nicht so einfach nachzeichnen, als man meinen möchte; eher noch bei einfachen Figuren, weniger bei komplizierten. Denn die nötige starre Fixation ist schwer, auch nimmt das Sehen des Stiftes die Aufmerksamkeit in Anspruch und läßt das Bild verblassen. Beispiele des Anschauungsbildes sind auch die schon betrachteten Wiederholungsempfindungen, die die spontanen Anschauungsbilder der Nicht-Eidetiker genannt werden können; sie beanspruchen ja sehr lange Vorbereitung, sei es durch die Dauer des Reizes, oder seine Intensität oder Gefühlswirkung.

b. Die normalen Erscheinungen der Eidetiker. In den Raumverhältnissen nimmt das Anschauungsbild eine Mittelstellung zwischen Nachbild und Vorstellungsbild ein (*P. Busse*). So gilt für die scheinbare Größe beim Nachbild das *Emmert*sche Gesetz: Das Nachbild wächst proportional der Entfernung, in der es gesehen wird. Das Vorstellungsbild dagegen bleibt fast unverändert, wenn es auch bei einigen mit der Annäherung etwas anwächst, mit der Entfernung etwas abnimmt, entsprechend den Erfahrungen über scheinbare Größen. Das Anschauungsbild steht zwischen beiden. Bei jugendlichen Nicht-Eidetikern werden Vorstellung und Nachbild beide etwas nach der Mitte hin verschoben, ein Beweis einer verborgenen eidetischen Anlage. — Das Nachbild folgt der Kopfneigung fast völlig, das Vorstellungsbild behält meist die bekannte Stellung des Objektes bei, das Anschauungsbild hält die Mitte ein. Eine ähnliche Mittelstellung behauptet es, indem es auf einen Schirm geworfen, mit dessen Drehung seine Gestalt ändert. Allgemein wird mit steigender Gedächtnisstufe die Vereinigung des Bildes mit der Wahrnehmungswelt weniger eng. So haftet das Nachbild am engsten am Schirm, das Vorstellungsbild am wenigsten; es kann ja selbst in einem eigenen Vorstellungsraum ohne Zusammenhang mit der Wahrnehmungswelt gesehen werden. Wird der Schirm allmählich aus seiner Anfangslage entfernt, so löst sich zuletzt das Nachbild von ihm; das Anschauungsbild liegt meist auf dem Schirm, aber auch näher oder ferner oder unbestimmt. Wird ein Gedächtnisbild auf einen Körper mit verschiedenen Flächen geworfen, so wird dabei das Vorstellungsbild meist in seiner alten Gestalt aufgefaßt; das Nachbild schmiegt sich allen Krümmungen an; das Anschauungsbild tut bald das eine, bald das andere (*Gösser*). Bei schneller Wanderung des Blickes verschwindet auch das Anschauungsbild, um bei Ruhe und geeignetem Feld wiederzukehren; bei langsamer Wanderung wandert es mit dem Blick. Bleibt aber dabei die Aufmerksamkeit auf der alten Stelle, so kann auch das Bild bleiben. Besteht das Bild aus vielen Teilbildern, so wandern vielleicht nur einzelne, eher solche von flachen Figuren als von körperlichen Objekten, die fester an die wirkliche Umgebung gebunden sind (*Jaensch* und *Reich*). Das Nachbild ist bei Erwachsenen flach, das Vorstellungsbild kann körperlich sein, während bei Jugendlichen das umgekehrte gilt. Das Anschauungsbild kann in beiden Weisen gesehen werden.

Die Farbeneigenschaften offenbaren sich in Mischung und Kontrast besonders auffallend. Auf farbigem Hintergrund verschwindet ein Vorstellungsbild leicht ganz; das Nachbild dagegen neigt zur Farbenmischung; dasselbe gilt vom

Anschauungsbild; und zwar gelten dabei dieselben Mischungsgesetze wie sonst. *Herwig* und *Jaensch:* Entwirft man vom ersten sich drehenden Farbenkreisel ein Anschauungsbild seiner Farbenmischung, vereinigt dieses mit der Farbe eines zweiten Kreisels, so erhält man eine Mischung, die man durch einen dritten Farbenkreisel genau messen kann. In einem Fall waren von den 180° Blau des ersten Kreisels in der Mischung noch 80° vertreten, also 42%. Man kann auch zweiäugig mischen, mit einem Auge das Anschauungsbild bilden, dann das andere Auge öffnen und auf eine Farbe blicken lassen, wodurch die Mischung entsteht (wie auch beim Nachbild). Die Farbenmischungen glücken nicht immer; bisweilen kommt es zum Wettstreit oder wird eine Farbe als Schleier über der andern gesehen, oder es legen sich einfach beide Farben neben einander. Das Anschauungsbild nähert sich in seiner Freiheit dem Vorstellungsbild.

Die stärkere eidetische Anlage (der jüngeren) zeigt mehr das positive, die schwächere (der älteren) das negative Bild, das bei den stärksten Eidetikern überhaupt nicht vorkommt. Das negative Nachbild erscheint auch leichter bei kleinerem Abstand des Vorbildes vom Fixationspunkt, bei größeren Feldern und bei kürzerer Darbietungszeit. — Im Anschauungsbild sind die Kontrasterscheinungen alle verstärkt. (*Jaensch:*) Während normal der Binnenkontrast nur die Mitte der gleichfarbigen Fläche abschwächt, schlägt diese Farbe im Anschauungsbild in die Gegenfarbe um. Der Rand des Anschauungsbildes zeigt helle und dunkle Kontraststreifen. Eine schwarze Scheibe auf rotem Grund zeigt normal erst Grünfärbung der Scheibe, dann Umwandlung in Rot (*Kuhnt*). Dem Eidetiker erscheint im gewöhnlichen Sehen der Kontrast bloß im Rand der Scheibe, in der Mitte rötlich; dann im Anschauungsbild dasselbe; nachher ein gleichfarbiges rotes Feld. Also die Induktionserscheinungen verlaufen im Anschauungsbild nur noch kräftiger, besonders stark in der Peripherie.

Bisweilen erscheinen im Anschauungsbild, das man vom Farbenkreis gebildet hat, einige Farben abgeschwächt; dann sind diese auch normal schwächer, besonders peripher. Die periphere Farbenblindheit betrachtet *Herwig* als Farbenschwächung infolge Induktion vom benachbarten Grund aus. Denn in der Peripherie werden bei genügender Stärke und Ausdehnung alle Farben gesehen (*Landolt*); die Blindheit tritt auch erst nach einiger Fixation auf; sie nimmt nach der Peripherie hin zu, genau wie die Induktionswirkung.

Der eidetische Zustand ist beim Erwachsenen nicht der natürliche; er muß sich erst absichtlich in die Bildsituation versenken. Er abstrahiert stark von der wirklichen Umgebung; die Tastschwelle erhöht sich dabei wohl bis zur Unempfindlichkeit gegen Nadelstiche; das Gesichtsfeld engt sich ein. Dagegen kommt dem Jugendlichen, besonders dem Einheitstypus das Anschauungsbild ganz ungezwungen. Nur dem Einheitstypus gelingt es leicht, auch plötzliche Bewegungen der Objekte im Anschauungsbild zu sehen, das Anhalten, Zurückspringen der Zeiger der Stoppuhr; ihm sind sinnlose Kombinationen ebenso leicht zu lernen wie sinnvolle, während dem Erwachsenen das Erlernen sinnloser Verbindungen immer schwieriger wird. Um falsche Buchstabenanordnungen im Anschauungsbild richtigzustellen, braucht der mittelstarke Eidetiker Störungsreize, der Einheitstypus nicht. Er stellt mühelos um wie im Vorstellungsbild.

Diese Beschreibung bestätigt unsere früheren Schlußfolgerungen über die Natur der Vorstellungsintensität. Das empfindungsstarke Vorstellungsbild ist danach nicht etwas Abnormes oder gar Krankhaftes, von dem ein Schluß auf die normale Vorstellung zu kühn wäre, sondern der ganz normale Durchgang der Entwicklung. — Wir haben bisher hauptsächlich die Inten-

sitätseigenschaft der Vorstellung verfolgt. Nunmehr wenden wir uns der Verschiedenheit der Vorstellungsarten zu, nämlich den typischen Verschiedenheiten darin.

§ 4. Die Vorstellungstypen.

Literatur. *Ballet,* Die innerliche Sprache, deutsch 1890. — *Dodge,* Die motorischen Wortvorstellungen, 1896. — *Meumann,* Experimentelle Pädagogik II², 1913. — *Segal,* Über den Reproduktionstypus und das Reproduzieren von Vorstellungen, in ArGsPs 12 (1908) 124 ff. — *G. E. Müller,* Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufs, 1911 (kurz: M). — *Rich. Baerwald,* Zur Psychologie der Vorstellungstypen usw., 1916.

1. Die Verschiedenheit der Vorstellungstypen. Der Vorstellungstypus bedeutet im allgemeinen die Bevorzugung eines bestimmten Sinnesgebietes im Vorstellungsleben. Es handelt sich gewöhnlich um drei Möglichkeiten, den visuellen, akustischen und motorischen Typus. Die Feststellung, welche Vorstellungsart bei einem einzelnen Menschen überwiege, hat dabei weniger Bedeutung als die Frage nach der Stärke seiner Vorstellungen, verglichen mit andern Individuen. *Baerwald* unterscheidet weiter den aktuellen und den potentiellen Typus, d. h. nach der Stärke der augenblicklichen oder der gewöhnlichen Vorstellungen. Der erstere kann nach Umständen, wie Übung und Stoffgebiet sehr verschieden sein; dagegen geht nur der potentielle auf die tiefer liegenden Anlageverschiedenheiten und sollte deshalb in letzter Linie aufgesucht werden. Man muß mithin neben experimentellen Feststellungen, die mehr das Aktuelle geben, vor allem auch die Erinnerung an den gewöhnlichen unbeeinflußten Vorstellungsablauf zu Rate ziehen. Die Rolle der Übung zeigt sich besonders im Lernen. Die Muttersprache stellen wir uns akustisch und motorisch vor, wie wir sie lernten; die visuell erlernte Fremdsprache visuell; ebenso stenographische Zeichen. Ein Produkt dieser Gewöhnung ist der Lerntypus *Segals.* Er untersucht nicht die Lebhaftigkeit oder den Reichtum der Vorstellungen, sondern nur diejenigen, die beim Hersagen auftauchen. Wenn trotz vieler Gelegenheiten die Vorstellungen eines bestimmten Sinnesgebietes vollständig fehlen, spricht das deutlich für das Fehlen dieses Typus. Aber der so gefundene Lerntypus kann sich von der angeborenen Anlage stark entfernen. Manche verhalten sich beim Lernen motorisch, weil dieses das Lernen erleichtert, die Aufmerksamkeit fesselt, obwohl sie im gewöhnlichen Denken nichts innerlich sprechen. Aus diesem Grunde liefern die experimentellen Versuche meist Lerntypen, nicht die gesuchten Anlagen, die nur der Selbstbeobachtung zugänglich sind.

Diese Bemerkungen *Baerwalds* weisen der Typenforschung die richtigen Wege. Die einstweilen vorliegenden Untersuchungen sind allerdings noch mehr auf den aktuellen oder Lerntypus gerichtet, bisweilen sogar einzig auf den in einem Individuum vorwiegenden Typus; können also nur als erste Annäherung an die Hauptfrage betrachtet werden. Gewöhnlich unterscheidet man einen sachlichen und sprachlichen Vorstellungstypus, je nachdem er sich auf die anschaulichen Bilder oder die Worte bezieht. Das erste liegt in der Kunst näher; die Wortvorstellungen dagegen spielen beim abstrakten Denken, besonders auch beim Lernen die größere

Rolle. Die Sachvorstellungen erreichen beim Künstler oft eine ungewöhnliche, fast halluzinatorische Stärke. So erzählt der Maler *Anselm Feuerbach* von sich, daß er einige Gemälde erst im Kopf bis zum letzten Pinselstrich fertiggemacht habe. *Beethoven* schuf taub noch neue Werke. *Konewka* konnte mit einer Schere und Papier ähnliche Profile ausschneiden, ohne hinzusehen.

Wichtiger sind uns hier die Sprachtypen. a) Der visuelle Typus. Kinder führen das Kopfrechnen bisweilen so aus, daß sie die Zahlen auf eine innerlich vorgestellte Tafel schreiben und daran ausrechnen. So verfährt auch der Rechenkünstler *Diamandi*, der seine Zahlen innerlich abliest. *Galton* stellte bei seinen Nachfragen fest, daß manche Personen ebenso innerlich die Worte ablesen. *Montchal* sagte von sich: Wenn ich an ein Wort denke, sehe ich dasselbe in gewöhnlichen Lettern gedruckt oder in meiner eigenen oder einer fremden Handschrift geschrieben ziemlich deutlich vor mir. Um ein Wort zu behalten, muß ich ihm sofort eine Orthographie geben.

Innerhalb dieses Typus kann man das Farben- und Formengedächtnis unterscheiden, die nicht parallel gehen; der eine lernt Silben visuell, Farben dagegen akustisch, ein anderer umgekehrt. Stark Visuelle brauchen oft längere Zeit, sich die Silben deutlich zu machen, verlangen langsame Vorführung der Silben beim Lernen; haben sie die Silben in einer Ordnung gelernt, so können sie dieselben nicht leicht umlernen. Mit dem ausgesprochenen Typus ist eine gewisse Gebundenheit, Schwerfälligkeit verbunden, wie schon *Galton* fand und *G. E. Müller* bestätigte. Der stark Visuelle übersieht innerlich gleichzeitig ein größeres Feld, deshalb kann er ein Objekt mit seinem Hintergrund zugleich auffassen, z. B. eine Silbenreihe auf dem karrierten Papier, während schwach Visuelle das nicht können.

b) Der akustische Typus. *Egger* beschreibt den Typus nach eigener Erfahrung: Beim Lesen weckt das Gesichtsbild das zugehörige Gehörsbild. Man hört den Ton der Wörter, die man sieht. Beim Schreiben diktiert dieses innerliche Wort. Das Klangbild des Wortes zeigt in diesem Falle die Klangfarbe, den Rhythmus, den Tonfall, und zwar gewöhnlich in den Eigentümlichkeiten der eigenen Stimme, bisweilen auch in der fremden Stimme, die man eben gehört hat. Die Lebhaftigkeit der Klangvorstellungen kann sehr verschieden sein, bei einzelnen ist sie schwach, farblos, klanglos, bei andern nähert sie sich der Stärke von Halluzinationen.

c) Der motorische Sprachtypus. Hier wird die Reihenfolge der Sprechbewegungen behalten: die Bewegungen von Lippe, Kehlkopf, Zunge, ähnlich wie man beim Klavierspielen ein Stück „in den Fingern haben“ kann.

Die Wortvorstellungen sind nach *Dodge* ein innerliches Sprechen; die Elemente sind die Reproduktionen der Bewegungsgefühle, wie sie beim wirklichen Sprechen entstehen, meist lokalisiert in Lippen, Zunge, Gaumen, dunkler in Brust und Kehlkopf. Es ist, als ob die Worte ausgesprochen würden, nur ohne das akustische Element. Oft treten wirkliche Bewegungen auf, obwohl das nicht notwendig ist. Dagegen sind die Vorstellungen der Lage von Mund, Zunge usw. immer da. — *Baerwald:* Man unterscheidet Vorstellungs- und Empfindungsmotoriker. Der letztere kann bestimmte Konsonanten bei offenem Munde nicht recht „vorstellen“, d. h. zu bilden anfangen. Die Bewegungsvorstellung verwandelt sich bei ihm sofort in

Bewegungsansätze, wenn sie stark genug und die Erregbarkeit groß ist. Übrigens gehen Empfindungen und Vorstellungen ja ineinander über. Bei den übrigen Vorstellungstypen denken wir natürlich nur an Vorstellungen, die wir dort allein beherrschen, während wir im Bewegungsgebiet auch über die Bewegung und deshalb ihre Empfindung Herr sind. Daß jede motorische Vorstellung in Bewegungsansätze aufgehe, ist übertrieben; das würde für neue Bewegungsverbindungen nicht genügen. Das aktive innere Reden beweist einen starken Motoriker nur dann, wenn es sofort stark und unverkennbar hervortritt. Bei umfangreichen Bewegungen ist die Empfindung leichter zu unterscheiden; beim innern Reden dagegen sind die Bewegungsansätze stark verkürzt und leicht zu übersehen.

Ist die Erregung der motorischen Zentren stark, so entsteht ein lautes Mitsprechen, ein „Lautdenken"; das ist bei Kindern sehr gewöhnlich, bei Erwachsenen nur in besondern Fällen, z. B. im Alkoholrausch, während es im normalen Leben gewöhnlich unterdrückt wird.

Eine besondere Abart des Motorischen ist das Schreibmotorische, die Vorstellungsreihe der zum Schreiben notwendigen Bewegungen. Bei Taubstummen heißt es bisweilen: Ich fühle beim Denken, daß meine Finger sich bewegen, trotzdem sie ruhig liegen. In manchen Fällen von Wortblindheit konnte der Kranke noch Geschriebenes durch Schreibbewegungen erkennen. Noch klarer ist das beim Merken von Zeichnungen. Ein dreizehnjähriger Knabe konnte erst dann die Umrißlinien von Griechenland nachzeichnen, wenn er sie mit dem Finger umfahren hatte.

Die motorische Begabung hat darin eine Sonderstellung, daß nicht immer vor dem Aussprechen einer Silbe das Bewegungsbild im Bewußtsein zu finden ist, wie das bei den andern Typen mit den entsprechenden Vorstellungen der Fall ist. *G. E. Müller* untersuchte daraufhin *Dodge* selber. Das Lernen bestand in einem leisen, aber doch vernehmlichen Aussprechen oder Nachsprechen der Silben. Beim innerlichen Hersagen hatte er im wesentlichen nur motorische Vorstellungen der Worte, womit sich undeutliche visuelle Bilder verbinden konnten. Beim lauten Hersagen aber vermochte er vorangehende motorische Bilder oft nicht zu entdecken; oft war es ein „reines Hersagen". Auch ein Übergang zwischen den deutlichen motorischen Bildern und dem automatischen Hersagen ließ sich feststellen, das Vorangehen einer motorischen Vorahnung, besonders beim lauten Hersagen. Sollte *Dodge* ein paar vorgesagte Buchstaben sofort nachsprechen, so benutzte er das innere Nachklingen, die Perseveration; das motorische Bild wurde da nicht neu erzeugt, vielmehr war es überhaupt nicht geschwunden.

Zur Erklärung ist zu beachten, daß sich zeitweilige Reflexmechanismen bilden können, so daß nach dem ersten Glied das Aussprechen des zweiten ohne weiteres erfolgt. *Liepmann* bemerkt, bei öfterer Einübung einer Handlung bilde sich zwischen den aufeinanderfolgenden Erregungskomplexen eine direkte Assoziation, und er sieht darin die Hauptsache für die Einübung der Handlungen. Auf dasselbe weist die motorische Einstellung. Die Erlernung der motorisch aufgefaßten Worte kann danach eine dreifache sein: 1) Es bilden sich Assoziationen (bzw. Perseverationen) der motorischen Vorstellungen (psychologische Wirkung); 2) es bilden sich kurzlebige Reflexmechanismen, so daß durch die sensorische Erregung, die durch Aussprache eines Reihengliedes entsteht, direkt die zum Aussprechen des

nächsten Gliedes erforderliche motorische Erregung bewirkt wird (erste physiologische Wirkung); 3) es bildet sich eine Assoziation zwischen den motorischen Innervationen selbst (die zweite physiologische Wirkung). — Das rein mechanische Hersagen kann also darauf beruhen, daß der physiologische Bestandteil schneller zur Wirkung kommt, so daß das Vorstellungsbild nicht vorher bewußt wird. Ist die physiologische Wirkung relativ schwächer, so bildet sich das motorische Bild vielleicht nur ganz undeutlich aus (motorische Vorahnung); wenn sie noch schwächer ist, etwa beim Stocken, wird das motorische Bild deutlich.

Sind die Vorstellungen schwach, und beruht das Hersagen wesentlich auf physiologischer Grundlage, so hilft beim Stocken kein Besinnen; die Reihe muß zu Ende laufen, sonst ist man verloren. Bei Ermüdung, Zerstreutheit, Störungen tritt das mechanische Hersagen mehr hervor. Auch nach *L. Martin* werden kinästhetische und optische Bewegungsbilder, die zur Einleitung der Bewegung erscheinen, bei fortgesetzter Übung immer schwächer; wenn die Bewegung automatisch geworden ist, verschwinden sie ganz. Während bei wirklicher Bewegung das motorische Bild bloß zu erscheinen beginnt, wird es sofort vollständig entwickelt, wenn die Bewegung gehemmt wird. Also bei geläufigen Bewegungen wird das Bewegungsbild durch ein schnelles Eintreten der Bewegung unterbrochen (*M* § 4).

2. Die Bestimmung der Typen. a) Das Nächstliegende ist die Selbstbeobachtung, die freilich Übung voraussetzt. So kann man feststellen, ob eine Silbenreihe bloß gesehen wird oder innerlich akustisch umgesetzt, ob beim Hersagen das Klangbild oder motorische Bild auftritt oder statt dessen das meist langsamer sich entwickelnde visuelle. (*Baerwald:*) Die motorischen Vorstellungen sind in sich undeutlicher als visuelle. Auch sind Bewegungsreihen oft mechanisch geworden. Sie melden sich erst wieder, wenn man leise, statt laut redet. Die Bewegungsvorstellung wird leicht von der gleich folgenden Bewegungsempfindung aufgesogen. Aus den Bewegungsvorstellungen wird übrigens fast nur der Tastbestandteil bemerkt. Die Anstrengungsempfindung bemerkt *Baerwald*, obwohl starker Motoriker, nur bei der Vorstellung sehr starker Bewegungen, wie eines Axthiebes. Die Gelenkempfindung beteiligt sich nur an der Gesamtvorstellung, ist nicht einzeln auszulösen. Der Motorische spürt bei Vorstellungen von Sätzen leise Bewegungsansätze in Lippe, Kehlkopf, Zunge oder Vorstellungen davon; er fühlt sich aktiv, während der Auditive sich passiv fühlt, als hörte er einen andern. Auf den Motorischen weist es hin, wenn das innere Reden sofort stark hervorbricht, ebenso die Neigung zum Lautdenken, das Markieren des Rhythmus bei Musik, die Mitbewegungen beim Zusehen des Kegelspieles usw. Allgemein ist primäre und sekundäre Vorstellung zu unterscheiden (*M* § 5), je nachdem eine Vorstellung direkt durch Assoziation aus der vorigen Silbe herstammt, oder erst aus einer Vorstellung derselben Silbe auf anderem Sinnesgebiet. Es kommt vor, daß jemand sich für visuell hält, weil vielfach sekundär visuelle Bilder auftreten, deren sekundären Charakter er nicht erkennt. Als Nachprüfung ist es erwünscht, auch objektive Kriterien benützen zu können. Dazu gehört:

b) Man sagt ein längeres ungewohntes Wort vor mit der Aufgabe es in umgekehrter Reihenfolge der Buchstaben zu buchstabieren. Stark Visuelle lösen die Aufgabe leicht, da sie bloß innerlich abzulesen brauchen. In Versuchen *Meumanns* brauchte ein Visueller bei Vorwärts- und Rückwärtsbuchstabieren beidemal 11″; *Meumann* selbst brauchte zum Vorwärtsbuchstabieren 10″, zum Rückwärtsbuchstabieren 50″. Ein Akustiker muß nämlich immer erst die einzelnen Silben wiederholen und durchprobieren. *Cohn* schreibt 25 Ziffern in ein Quadrat von fünf

gleichen Zeilen und läßt dieses auswendig lernen. Dann muß die Versuchsperson die Zahlen in verschiedenen Reihenfolgen hersagen, vorwärts, rückwärts, von oben nach unten, in Diagonalen, und es wird jedesmal die dazu nötige Zeit aufgezeichnet. Aus diesen Zeiten läßt sich ein Schluß auf den Typus ziehen, besonders unter Berücksichtigung der Selbstbeobachtung. — Nach *G. E. Müller* ist der bloße Zahlenunterschied nicht immer verläßlich. Ein vorwiegend akustisch-motorischer Lerner *Müllers* brauchte für das Hersagen eines Zahlenquadrats vorwärts 13″, rückwärts 18,4″; ein einseitig visueller Lerner dagegen 20,3″ und 40,2″. Also war beim Akustischen die Zeit des Rückwärtshersagens nicht bloß absolut, sondern auch relativ kürzer. Die Zeit hängt eben nicht nur von den verwendeten Hilfsmitteln ab, sondern auch von der Schnelligkeit, sie zu benutzen, von dem Grad des Einprägens usw. (*M* § 89).

c) Die Prüfung der Fehler oder Verwechslungen ist ein brauchbares Kriterium bei Lernversuchen. Für stark Akustische sind die Vokale besonders eindringlich, bei Visuellen eher die Konsonanten. Lehrreich sind auch die Verwechslungen der einzelnen Buchstaben. Die Verwechslung von *p* und *b*, von *t* und *d* weist auf das Hören; der Visuelle dagegen wird *l* und *t*, *b* und *d* leichter verwechseln. — Nach *Segal* ist auch das Hersagen bezeichnend. Der Visuelle zaudert erst etwas, bis er beginnt, muß öfter auf die einzelnen Glieder warten. Der Akustisch-Motorische bringt die Glieder schnell, Stocken ist ihm leicht verhängnisvoll.

d) Wertvoll ist die Methode der Störungen. Man stellt eine Leistung zunächst absolut fest und stört sie dann in weiteren Versuchen durch Reize auf verschiedenen Sinnesgebieten. Der Akustische wird leichter durch fremde akustische Reize (Metronomschläge) gestört werden, der Motorische durch Verhindern des inneren Sprechens (wenn er etwa zugleich 1 1 1 . . . sagen muß). Anfangs mag übrigens eine Methode wie das Festklemmen der Zunge allgemein stören. Lernt jemand bei akustisch-motorischer Störung noch gut, so beweist das allein nicht, daß er gewöhnlich visuell lernt; sondern nur, daß seine visuelle Anlage stark genug ist, um in die Lücke einzutreten. Wenn die Störung dagegen wirkt, beweist es, daß die akustischen Vorstellungen für ihn unentbehrlich sind. Das unentbehrliche Element braucht übrigens nicht das stärkste zu sein (*Baerwald*).

3. Ergebnisse der Typenforschung.

a. Eigentümlichkeiten der Typen: Visuelle Wortvorstellungen gehen besonders auf Schwierigeres, Fremdsprachliches, auf ungewohnte Zeichen, wie stenographische. Manche Menschen mit schattenhaften visuellen Bildern können trotzdem nach der Erinnerung zeichnen, was wohl nicht motorisch zu erklären ist, besonders bei neuen Objekten. *Baerwald* nimmt dafür eine unbewußte visuelle Vorlage an; ein schwer verständlicher Begriff. Näher liegt, an schematische, lückenhafte Bilder zu denken, von denen die im einzelnen Falle notwendigen Striche geliefert werden. Menschen mit ganz schattenhaften Bildern können übrigens im Traum oder vor dem Einschlafen lebhafte Bilder haben, was an der hohen Reizbarkeit dieses Zustandes liegt.

Für den Akustischen ist die Fähigkeit bezeichnend, unsingbar hohe Töne vorzustellen; ebenso die Unterscheidung der Klangfarben, der Akkorde. *Baerwald* meint, der Motoriker habe für den Akkord als Ersatz den Griff auf dem Klavier; für die Klangfarbe, daß manche die Instrumente durch Mundbewegungen täuschend nachmachen, also diese Bewegungen erneuern können. Da muß wohl die Selbstbeobachtung entscheiden. Ersatzvorstellungen hat man ja schließlich auch an den visuell gesehenen Noten.

Beim Motoriker unterscheidet die Fähigkeit, bei offenem Munde Labiale und Dentale gut vorzustellen, den Vorstellungsmotoriker vom Empfindungsmotoriker,

der es nicht kann. Die vorstellungsmotorische Anlage steht in engem Zusammenhang mit der allgemeinen motorischen Anlage, mit der Neigung zum Schnellgehen, zum Schnörkeln, zum Gestikulieren, zu den musikalischen Mitbewegungen und besonders der musikalischen Erinnerungsverklärung. Die aktive Verfassung fördert überhaupt die motorischen Vorstellungen. Beim Hin-und-hergehen wird das innere Reden vielfach stärker. Der Motorische hat einen hervorragenden Bewegungstrieb. Ebenso besteht Zusammenhang mit der Aktivität im Sinne der unermüdlichen Betätigung, und zwar mit dem geistigen Betätigungsdrang; ebenso mit der leidenschaftlichen Anteilnahme; mit der Initiative im Sinne des wirklichen Unternehmens von Neuem (nicht des bloßen Denkens von Neuem). Dagegen besteht kein allgemeiner Parallelismus mit schnellerem psychischem Tempo. Die Bewegungsempfindung hat für den Motoriker einen Gefühlswert; deshalb die Freude an der Bewegung des Tanzes, des Eislaufes, beim Ziehen von Schnörkeln. Das Mitsingen, Mittaktieren, die Kapellmeisterbewegungen bei Musik, die dem erregten Gefühl entsprechen, sollen im allgemeinen das Gefühl verstärken. Wenn *K. Groos* diese Nachahmungsbewegungen für den Genuß unentbehrlich findet, geht das zu weit. Manche genießen Musik in voller Unbeweglichkeit. Aber beim Motoriker steigern die Bewegungen den Genuß. Auch sind die Mitbewegungen dienlich zum Einfühlen; man genießt so die Lust der Selbstvervollkommnung. Manche Personen haben den höchsten Genuß nicht bei der Ausführung des Konzertes, sondern in der späteren Erinnerung. Es erscheint ihnen dann verklärt, mehr als die Musik selbst wirken könnte. In der Erinnerung kann der Motoriker eben mitsingen, und das Erlebte in die Muttersprache seines Gefühls übersetzen; daher der starke Parallelismus zwischen motorischer Anlage und dieser musikalischen Erinnerungsverklärung (*Baerwald*). — Der zeitlichen Ordnung nach kommen gewöhnlich zuerst die motorischen Vorstellungen; dann die akustischen; endlich die visuellen. Schreibmotorische und wortvisuelle hängen überwiegend zusammen; ebenso zeichenmotorische und sachlich visuelle.

b. Über die Verbreitung der Typen findet man bei Versuchen allgemein, daß die Fälle eines ausgesprochen einseitigen Typus sehr selten sind und eher als ein Ausfall zu gelten haben. Das Gewöhnliche ist, daß ein bestimmter Typus bloß vorherrscht. Nach *Meumann* sind die meisten, wenn es sich um Wortvorstellungen handelt, akustisch-motorisch; für Objektvorstellungen dagegen herrscht der visuelle Typus vor. Das entspricht gut den objektiven Eindrücken; die Sprache geht vom Hören aus; bei Sachvorstellungen dagegen überwiegt das Gesicht. Nach *Baerwald* kehrt man heute von dieser Zersplitterung, die für jedes Gebiet einen besondern Typus annahm, wieder zur Solidaritätsansicht zurück, wonach zur eigentlichen Anlage die Objektwirkungen und Übungseinflüsse nur als kreuzende Gesetzmäßigkeiten hinzutreten. Nach *Baerwald* erweisen sich die stark Wortvisuellen auch stark sachvisuell; aber nicht so eindeutig umgekehrt; es kann jemand ästhetisch und konkret gerichtet sein und wenig Wortvorstellungen haben. Darauf wird der größere Orthographiemangel der Frauen zurückgeführt. Wenn man früher fast alle Gebiete voneinander unabhängig sein ließ, lag das daran, daß man nur den aktuellen Typus beobachtete. Erst der potentielle Typus gibt hier die wahren psychologischen Verhältnisse wieder. — Auch für den Motoriker gilt erhebliche Solidarität: für das Schreib-, Sprech- und Sachmotorische. Nur ist der Schluß auf das Schreibmotorische weniger sicher.

Die Mischung der Typen kann bedeuten, daß beide abwechselnd auftreten oder zusammenwirken. Manche merken sich für das unmittelbare Behalten eine Silbenreihe so, daß sie die erste Hälfte visuell, die zweite akustisch festhalten. Aus einer längeren Reihe werden oft die akustisch eindringlichen Silben akustisch behalten, die andern visuell. Ein Zusammenwirken hat man auch, wenn bei der

Prüfung die richtige Silbe zunächst undeutlich visuell auftritt, dann auf Grund des akustisch-motorischen Bildes deutlich wird, oder wenn die Vokale akustisch, die Konsonanten visuell behalten werden. Häufig werden auch die Stellen der verschiedenen Komplexe visuell behalten, die Komplexe selbst akustisch-motorisch, die Farben einer Reihe und ihre Formen in verschiedenen Sinnesgebieten. (*M* § 5.) — Über die Verbreitung der Typen nach Klassen teilt *Baerwald* mit: In starken Sachvorstellungen scheinen die Frauen relativ überlegen zu sein; unter den Männern besonders die Volksschullehrer, wohl weil sie viel anschaulich schildern und erklären, also die Objekte plastisch vor sich sehen müssen; ebenso die Ärzte. Viele solcher starker Sachvisueller sind auch allgemein aktiv, unternehmend, phantasievoll, selbstsicher. Die starke Vorstellung ist da wohl eine Teilerscheinung der Erhöhung der psychischen Prozesse; leicht sind damit auch nervöse Erscheinungen verbunden. — Die schwachen Vorsteller befinden sich besonders unter den Gelehrten. Einige besaßen freilich starke Sachvorstellungen, wenn sie ästhetisch oder konkret gerichtet waren. Das einseitig abstrakte Interesse begünstigt die (meist akustischen) Wortvorstellungen, die aber zugleich undeutlich sind. Im motorischen Verhalten sind sie schwächer. Dazu paßt auch ihre geringe Bewegungs- und Reaktionsbereitschaft.

§ 5. Die Lokalisation der visuellen Vorstellungsbilder.

Literatur. *Segal,* Über das Vorstellen von Objekten und Situationen, 1916. — Die Hauptquelle des folgenden ist: *G. E. Müller,* Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufes II, 1917.

Bei der Ortsvorstellung eines innerlich gesehenen Objektes kann es sein, daß verschiedene Gegenstände bloß zueinander räumlich geordnet gesehen werden (die objektive, relative Lokalisation); oder aber daß sie in einer räumlichen Beziehung zum körperlichen Ich gesehen werden („geradeaus“; „in 70 *cm* Entfernung“), sei es von einem bloß gedachten Standpunkt des Ich aus (subjektive Lokalisation) oder von dem mitvorgestellten wirklichen Standpunkt des Ich aus (egozentrische, absolute Lokalisation). Sieht man die räumlich unter sich gut geordneten Objekte von einem ganz unbestimmten Standpunkt aus, so spricht man wohl von terrestrischer Lokalisation. Die Hauptteilung der vollkommenen Lokalisationen indessen ist immer die: entweder ist der wirkliche Ort des Objektes erhalten (die topomnestische Lokalisation); oder die wirkliche Lage des Subjektes ist der Ausgangspunkt der Ortsbeziehungen (egozentrische Lokalisation).

1. Die Lokalisation mit Erhaltung des Objektortes. Manchmal wird das Objekt an dem entfernten Ort gesehen, wo es hingehört, also in seiner Umgebung, die wieder erkannt wird, und der Beobachter kommt sich dort als anwesend vor, nimmt mithin einen unwirklichen Standpunkt ein. Das Subjekt kann dabei verschiedene Lagen einnehmen, häufig diejenige der früheren Wahrnehmung (konservativ), draußen vor dem Objekt in entsprechender Frontansicht. Das überwog bei den Versuchen *Segals.* War die Lage vor dem Objekt in einem Versuch zu ungewohnt, so wird bisweilen nachher eine gewohntere vorgestellt (habituelle Lokalisation). Bei *L. Martin* fühlte sich der Beobachter bisweilen als Zuschauer aus der Vogelschau oder vom Rand der Szene her; so entstehen die „Landkartenbilder“, über denen man schwebt. Besonders traf das zu, wenn

die kinästhetischen Vorstellungen schwach waren; bei starken aber fühlte man sich eher mitten in der Szene. Die Vorstellung des Ich kann dabei sehr verschieden stark sein. Es kann auch ausfallen und der Eindruck des Sehens ohne Träger bestehen, man geht im Objekt ganz auf. Oder man sieht von seinem eigenen Körper die wirklich sichtbaren Teile, oder schließlich auch den ganzen eigenen Körper, wie von einem neuen Standpunkt aus, wobei das Ich dann zweimal vorkommt. Befindet man sich dem Objekt nahe, aber doch an einer andern Stelle als früher, so mag man beides verbinden und vom jetzigen Standpunkt aus das Objekt an seinem wirklichen Orte sehen (egozentrisch-topomnestisch).

2. Das Objekt wird vor den eigenen wirklichen Standpunkt verlegt. Die Beziehung auf das Ich kann verschiedenen Sinn haben: entweder bezieht man auf die Blickrichtung (das B-System), so daß das Objekt mit wanderndem Blick wandert; oder auf die Kopfhaltung (K-System); oder auf den Standort (S-System), bestimmt durch die normale Lage des Körpers unabhängig von der Kopflage. Die Raumrichtungen oben, unten, rechts, vorn usw. haben je nach dem System verschiedene Bedeutung. Hat jemand rechts geneigt eine Reihe gelernt, die dabei vor seinem Gesicht stand, und sagt er sie nachher aufrecht sitzend her, so kann es sein, daß er die Reihe noch rechts unten sieht, wo sie vorher war, dann ist seine Lokalisation konservativ in Bezug auf das S-System. Wenn sie dagegen dem Blicke folgt, ist sie konservativ in Bezug auf das B-System. Die habituelle S-Tendenz bewirkt, daß das Objekt bei normaler Kopf- und Blicklage gerade vor dem Gesicht steht, in bequemer Leseentfernung. Entsprechend bewirkt die habituelle B-Tendenz, daß das Objekt ebenso vor dem Blicke liegt. Man kann übrigens die Richtungen auch auf andere Systeme beziehen, z. B. auf das Schiff, in dem man fährt; der Kommandierende versteht sie von der Front, in die er sich einfühlt (*Ebbinghaus-Bühler*).

Die Verwendung der beiden Hauptlokalisationen. Bisweilen wird eine herzusagende Reihe zuerst in Augenhöhe gesehen (habituell-egozentrisch); dann taucht die Vorstellung der früheren Objektlage auf (topomnestisch); so bei stark Visuellen, wenn Ort und Umgebung beachtet war. Bei einem Beobachter *Müllers* war das Lernen in 96% habituell, bei einem andern in 98% konservativ. Allgemein begünstigt starkes Beachten der Stellung der Reihe beim Lernen die topomnestische, schwächeres die konservativ-egozentrische, noch schwächeres die habituell-egozentrische Lokalisation. Es kommen auch Mischungen vor, eine Resultante der Richtungen, oder Unruhe und Verwirrung. Wie bei Kinderzeichnungen häufig Vertauschungen von rechts und links und in zweiter Linie von oben und unten vorkommen, so kann ähnliches auch beim Lernen eintreten: etwa ein Spiegelbild, wenn man bei Rechtsneigung des Kopfes gelernt hat und bei Linksneigung hersagen soll.

Die Lokalisation nähert sich mit Vorliebe den Wahrnehmungsbedingungen. Ein entfernt gesehenes Objekt wird zurecht gerückt, kleiner gesehen. Ist der gewohnte Ort für das Vorstellungsbild unsichtbar, so fällt es vielleicht aus, oder wird anderswohin verlegt, oder zwar am alten Orte gesehen, aber von einem unwirklichen Standpunkt aus. Zwischenliegende Objekte werden durchsichtig gesehen oder das Vorstellungsbild legt sich auf sie. Die Objekte werden etwa ins Versuchszimmer verlegt, zu große dafür verkleinert oder die Wand weitergeschoben. Daß ein Objekt hinter dem Beobachter gesehen wird, liegt am Bestreben, es an seiner wirklichen

Stelle zu sehen. Man hat dabei wohl das Gefühl, daß einem die Augen im Kopfe gedreht seien, oder sieht sich zurückschauend.

3. Die Lokalisation kann in verschiedener Hinsicht unvollkommen sein. Bei der sog. unmarkierten Lokalisation sollen die einzelnen Glieder einer Reihe an bestimmte Orte verlegt sein, aber dort werde nichts Visuelles vorgestellt. Das behaupten besonders Akustisch-Motorische. Sicher werden aber beim Hersagen die Orte der Reihe nach durchlaufen. Vermutlich handelt es sich dabei um graue Flecke, um Punkte, die sich leicht der Aufmerksamkeit entziehen. Es braucht eben einen Visuellen, um undeutliche visuelle Bilder zu erkennen. Auch gaben die Betreffenden an, sie könnten bei geschlossenen Augen einen Punkt im Augenschwarz nur dann beachten, wenn sie sich etwas am Ort visuell vorstellten.

Bei der unbestimmten Lokalisation fehlt irgend etwas an der örtlichen Bestimmtheit des Objektes oder Subjektes. Wenn z. B. Objekt und Ich einander phantastisch zugeordnet werden ohne Beziehung zum gegenwärtigen Standpunkt. Bisweilen kann vom Objekt keine bestimmte Größe behauptet werden, Richtung und Orientierung sind teilweise unbekannt, können nur innerhalb gewisser Grenzen eingeschlossen werden. Es konnte einmal nicht entschieden werden, ob die Stellung der Reihe vertikal oder schräg gesehen werde, wohl aber, daß sie nicht horizontal sei. Die Bilder sind vielleicht sehr undeutlich, die Aufmerksamkeit abgelenkt. Die Entfernung kann verschieden deutlich sein, ähnlich wie etwa ein Buchstabe bloß als Oberzeiler erkannt wird, nicht genauer. Die unbestimmte Lokalisation ist manchmal nur der Ausgangspunkt für die allmähliche Entwicklung der ganzen Situation.

Es kommen auf subjektive Überzeugungen hin auch Verlagerungen an ganz neue, nie erfahrene Orte vor. Ein Beobachter *L. Martins* sieht das Bild im Kopfe, in den Augenlidern. Der Rechenkünstler *Diamandi* sah die Zahlenreihen auf den Windungen seines Gehirns geschrieben und las davon ab. Es lag hier bisweilen die Überzeugung zugrunde, die Vorstellungsbilder hätten nicht solche reale Existenz, wie wirkliche Objekte. Jedenfalls bleibt die Tatsache, daß der Betreffende seine Bilder dorthin verlegt. Darin liegt ebensowenig eine Schwierigkeit, wie wenn man den Schall bisweilen in den Kopf oder das eine Ohr verlegt, was, wie wir sehen werden, auch die Hinzufügung einer räumlichen Gesichtsvorstellung ist.

Der Zusammenhang von Größe und Entfernung ist sehr schwankend. Die Bilder können sich bei größerer Entfernung vergrößern (gewöhnlich), verkleinern oder gleichbleiben. Die Entscheidung hängt vielfach von zufälligen Nebengedanken ab: Wenn an die Gleichheit des Objektes gedacht wird, erscheint die Größe eher gleich; wenn an das Kleinerwerden der Sehgröße, kleiner; wenn das Bild deutlich lesbar sein soll, wird daran gedacht, daß es dafür in größerer Entfernung größer sein müsse. — *G. E. Müller* gibt eine logische Gesamtübersicht der Lokalisationen: 1) Der Standpunkt ist der wirklich gegenwärtige, wobei das Objekt eine eigene terrestrische Lokalisation haben kann, oder sie nur indirekt vom Subjekt aus bekommt; 2) der Standpunkt ist ein unwirklicher: bei bestimmter oder unbestimmter terrestrischer Lokalisation; 3) die unbestimmte Lokalisation.

4. *Stumpf* unterscheidet den Vorstellungsraum in engerem Sinne, der den ganzen Wahrnehmungsraum verdrängt und deshalb keine gesehene Raumbeziehung zu ihm hat und den Vorstellungsraum, der im Sehraum untergebracht ist. Das erstere kann bei geschlossenen oder offenen Augen gebildet werden, aber mit Ablenkung der Aufmerksamkeit vom Sehraum (ähnlich wie das sehende Auge das schwarze Bild des geschlossenen Auges übersieht). Die Lage des Beschauers kann aus dem Inhalt mitgegeben sein, oder auch fehlen, was die Lebhaftigkeit des Bildes steigert. Man kann Wände in der Vorstellung durchsichtig machen. Ob man so eine Kugel gleichzeitig von allen Seiten sehen kann, ist umstritten: *Lotze* leugnet es,

Galton bejaht es. Der Vorstellungsraum ist nach *Stumpf* nicht andersartig, wie der Wahrnehmungsraum, sondern bloß anders ausgefüllt.

Während hier eine Schaltvorrichtung tätig war, die abwechselnd Empfindungen und Vorstellungen verdrängen läßt, gibt es einen anderen Vorstellungsraum, der im Sehraum untergebracht ist, den er bloß teilweise verdrängt. Ein Beispiel ist das Einzeichnen des Bildes in das Augenschwarz oder auf die gesehene Wand. Das setzt voraus, daß die Vorstellung die Empfindung an Intensität übertrifft. Im Augenschwarz wird das Bild wohl kleiner, wegen seiner Nähe und der Konvergenz der Augen. Die Ausführung ist individuell verschieden leicht, wie schon *Fechner* feststellte. Nur Tiefe wird leicht in flache Bilder hineingesehen, wie im Verant (worüber später).

Segal unterscheidet das Sehen des Objektes „im realen Raum" (also an seinem wirklichen Orte, topomnestisch) und im „Vorstellungsraum", wo es vor dem Subjekt gesehen wird (also egozentrisch), unlokalisiert, mehr Bild als Ding sei. — Diese Darstellung übertreibt den Gegensatz. Das Ding im realen Raum sehen, heißt in Wirklichkeit nur: es ähnlich sehen, wie in der Wahrnehmung. Auch der Wahrnehmungsraum ist ja nicht der wirkliche Raum (worüber später), sondern ein Erkenntnisbild von ihm, das nur innerhalb gewisser Grenzen (in der Nähe etwa) die Raumverhältnisse richtig wiedergibt, das außerdem von den wirklichen Objekten beständig verursacht und erhalten wird, was seine ruhige Konstanz erklärt und unsre Einwirkung auf diese Objekte erlaubt. Mit diesem Raumbild hat die Vorstellung des Objektes „im wirklichen Raume" eine gewisse Ähnlichkeit, indem es in seiner richtigen Umgebung erscheint (d. h. einige, meist dürftige Bilder der Umgebung miterscheinen), und das Raumverhältnis zum gegenwärtigen Standpunkt des Subjekts einigermaßen (meist sehr unvollkommen) mitgesehen wird. Wenn übrigens der eigene Standpunkt nicht beachtet oder vor das Objekt verlegt wird, geht ein Hauptteil des „Sehens am richtigen Orte" verloren, nämlich das Sehen der wirklichen Raumbeziehung zwischen Objekt und Ich; es bleibt dann bloß die relative Zuordnung zwischen Objekt und seiner engeren Umgebung, nebst dem Wissen, wo es auf der Erde liegt. — Anderseits ist das Sehen des Objektes „vor mir" nicht unlokalisiert, sondern nur anders lokalisiert als der Wirklichkeit entspricht, und nur in diesem Sinne der Unrichtigkeit mehr Bild als Ding zu nennen. Das gilt aber auch schon bei der topomnestischen Lokalisation, wenn das Subjekt vor das Objekt verlegt wird.

Was *Segal* mit Recht bekämpft, ist die naive Anschauung, die in der Wahrnehmung das Ding selbst gegeben sein läßt, in der Vorstellung ein Abbild, das auf das Ding hinweist. Die Gegenstände können ja auch in der Vorstellung dort gesehen werden, wo sie sind. — Manche Beobachter unterscheiden vorüberhuschende Vorstellungsbilder von solchen, die mehr Wahrnehmungscharakter haben (Konstanz usw). Die bisweilen behauptete Unvergleichbarkeit von Vorstellungs- und Wahrnehmungsraum erklärt nicht, daß auch in der Wahrnehmung Vorstellungsbestandteile vorkommen und nicht in einem andern Raume gesehen werden, daß der Vorstellungsraum nach allen Seiten den Wahrnehmungsraum ergänzt.

§ 6. Die Trugwahrnehmungen, besonders die Halluzinationen.

Literatur. *Sully*, Die Illusionen, 1884. — *Parish*, Über die Trugwahrnehmung, 1894. — *Störring*, Psychopathologie (1900) 30—108. — *K. Jaspers*, Die Trugwahrnehmungen, in Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie IV, Referate und Ergebnisse, 289—348. — *Specht*, Zur Phänomenologie und Morphologie der pathologischen Wahrnehmungstäuschungen, in ZPaPs 2 (1914) 1 ff.

1. Begriffsbestimmungen. *Störring* definiert die Halluzination: ein subjektives Sinnesbild, das scheinbare Objektivität und Realität hat;

es ist eine Sinnestäuschung; denn wenn auch daraufhin leicht ein falsches Urteil gebildet wird, so liegt die Anomalie nicht am Urteil, sondern an der Wahrnehmung. Wir schließen hierbei die subjektiven Empfindungen aus. Nach *Stumpf* sind das überschwellige Sinneserscheinungen, die ohne äußere Reizwirkungen entstehen. Subjektiv sind sie den gewöhnlichen Empfindungen gleichartig. Solche sind das Augenschwarz, die entoptischen Erscheinungen, Ohrensausen, Nachempfindungen, Kontrastempfindungen, subjektive Kombinationstöne, Mitempfindungen, die durch physiologische Gesetzmäßigkeit bei allen Individuen in gleicher Weise auftreten. — Der Begriff ist nicht ganz klar. Man spricht von Empfindungen, weil man eine Reizung des äußern Sinnesorgans annimmt (was vielleicht nicht immer zutrifft) von sonst derselben Art wie die normale. Man spricht von subjektiv, weil es nicht die normalen Reize (seien es äußere, wie beim Auge, seien es innere, wie bei den Organempfindungen) sind und infolgedessen Sinnestäuschungen naheliegen.

Musterbeispiele sind die Eigenlichterscheinungen, die schon *Purkinje* in grundlegender Weise beschrieb (*Goldschmidt,* in ZPs 76, 1916). Im verdunkelten Auge sieht man oft einen starken Schimmer, der sich in Form von Kreiswellen nach der Peripherie ausbreitet und dort verschwindet. Manchmal umgeben konzentrische Kreise den Mittelpunkt des Sehfeldes. Beim Übergang in einen dunklen Raum erblickt man ein flackerndes mattes Licht, wie von brennendem Weingeist. Es besteht aus unzählbaren kleinen Lichtpunkten, die in lebhafter Bewegung sind, ähnlich dem Gewimmel der Sonnenstäubchen. Die subjektiven Erscheinungen gehen nach einiger Zeit in Schlummerbilder über, die besonders *Joh. Müller* beschreibt, als Bilder von Gegenständen.

Goldschmidt prüfte die Erscheinungen an über hundert Beobachtern nach. Die Helligkeit hat viele Unterschiede mit verschiedener Konsistenz: Weißliche Punkte sind intensiver und fester gefügt; der Grund ist das stabilste, gewöhnlich farbloses dunkles Grau, bestimmt in Form und Abstand. Ein geübter Beobachter unterschied vier verschiedene Helligkeiten: schwarze Punkte oder Bänder, tiefer als der Grund und fester gefügt; dann kam der Grund, dunkel grau, leicht durchdringbar, wie ein Nebel; drittens helle, dunstige Bestandteile vom lockersten Gefüge, weiß wolkig, vor dem Grunde schwebend; viertens Helligkeiten von höchster Intensität als Sterne. Punkte, die ihre Gestalt nie ändern. Der Bereich aller Helligkeiten ist gering, besonders verglichen mit den vielen Unterschieden im gewöhnlichen Sehen. Wenn darin gewisse als leuchtend, glänzend beschrieben werden, so mutet das den Beobachter selbst sonderbar an, sobald er die Geringfügigkeit der Unterschiede beachtet. Das läßt vermuten, daß beim Unterschied der Vorstellungsintensitäten ähnliches gilt.

Oft trat auch ein Farbenton auf, der das Ganze überhauchte. Es zeigen sich Gestalten in verschiedener Deutlichkeit und Form, die als die Hauptsache erscheinen, bisweilen ein Lichtchaos in lebhafter Unruhe, bisweilen Kreise. Bei den Mustern spielen lebhafte Wacherfahrungen mit. Der Abstand der Gebilde pflegt als Leseweite empfunden zu werden, bisweilen auch ferner, wenn man gewohnt ist, dort Objekte zu lokalisieren. Manchmal wird Tiefe bemerkt, helle Punkte leuchten durch den Nebel hindurch. Die scheinbare Tiefenausdehnung ist meist sehr klein, kaum je mehr als $1^1/_2$ *m.* Narkotica scheinen die Gebilde in Aufdringlichkeit und Sättigung zu verstärken, auch zu einer gewissen Lebhaftigkeit der Farben zu führen.

Von diesen allgemeinen subjektiven Erscheinungen sehen wir ab. Wir haben es hier zu tun mit den nur bei einzelnen Individuen und unter besondern Umständen auftretenden Sinnestäuschungen (*Jaspers*).

Nach *Parish* glauben wir nicht nur, daß wir in den Trugwahrnehmungen das Objekt sehen, sondern wir sehen es; da beides dasselbe sei. Nach *Taine* sollte man nicht sagen: Die Halluzination ist eine falsche Wahrnehmung, sondern umgekehrt: Die äußere Wahrnehmung ist eine wahre Halluzination. — Wahr ist daran nur, daß die Gleichheit des subjektiven Scheines besteht. Aber die Sprache sagt mit dem „Sehen“ nicht bloß diesen Schein aus, sondern das Vorhandensein des Objektes; und es liegt kein Grund vor, diesen Sprachgebrauch umzustürzen.

Teilungen der Trugwahrnehmungen. Wir finden in der Wahrnehmung Empfindungselemente, räumliche und zeitliche Ordnung, das Meinen eines Objektes. Wenn Empfindungselemente oder Ausdehnung sich ändern, aber derselbe Gegenstand gemeint bleibt, spricht man nicht von Trugwahrnehmungen in engerem Sinne. Es wird da nicht fälschlich ein Ding gesehen, sondern das wirkliche Ding wird nur verändert gesehen. Die Farben erscheinen leuchtender, die Töne lauter als normal; bisweilen wurde eine wirkliche Tieferlegung der Schwelle nachgewiesen. Alle Gegenstände erscheinen etwa blau, das Weiß erscheint außergewöhnlich dunkel. Das Objekt kann größer oder kleiner als gewöhnlich erscheinen; bisweilen wird von dem scheinbaren Erleben unermeßlicher Zeitstrecken berichtet.

Die Hauptunterscheidung der Trugwahrnehmungen ist die in Illusionen und Halluzinationen, denen gewöhnlich noch die Pseudohalluzinationen an die Seite gestellt werden. Eine Illusion liegt vor, wenn ein Baumstumpf im Dunkeln als Mensch gesehen wird; es kommen in der Wahrnehmung neue Elemente hinzu, und alte verschwinden. Eine Halluzination ist vorhanden, wenn eine Gestalt erscheint, wo vorher nichts war. Wenn dagegen nur Vorstellungen immer mehr die Eigenschaft der Wahrnehmung annehmen, Unabhängigkeit, Genauigkeit, Deutlichkeit, nur nicht die Leibhaftigkeit, dann haben wir Pseudohalluzinationen.

Im einzelnen sind Illusionen Wahrnehmungen, in denen sich äußere Sinnesreize mit nicht zugehörigen Vorstellungselementen so verbinden, daß sie nicht unterscheidbar sind. Sie enthalten also reale Wahrnehmungselemente, die in ihnen aufgehen. Sie sind nicht reine falsche Beurteilungen, sondern es werden Empfindungselemente hineingehört, die objektiv nicht geboten waren.

Die Illusionen zeigen einen ganz allmählichen Übergang zu den normalen Wahrnehmungen. Schon in den letzteren wird vieles ergänzt, assimiliert, was nicht eigentlich empfunden wurde. Man ergänzt beim Hören einer Rede viele Worte, was man erst bemerkt. wenn man sich einmal geirrt hat; man übersieht leicht Druckfehler. Bei der Illusion ist der subjektive Anteil nur ungewöhnlich stark entwickelt. *Müller-Freienfels* vermutet freilich, daß beim übersehenen Druckfehler gewöhnlich nichts verändert wird, sondern einfach zur verschwommenen äußern Wahrnehmung, wegen falscher innerer Einstellung, die richtige Wortauffassung erfolge. Eine wirkliche Ergänzung hat man bei der Tiefe, die in eine flache Zeichnung hineingesehen wird, wobei eine eigentliche Umformung vorliegt.

Pseudohalluzinationen sind nach der gewöhnlichen Darstellung Vorstellungen von besonderer sinnlicher Kraft, die aber noch als Vorstellungen erscheinen, nicht als wirkliche Gegenstände. Es fehlt ihnen der Charakter der Objektivität; sie werden, wie man sagt, nicht mit dem äußern, sondern mit dem innern Auge gesehen. Sie stehen aber in keinem Verhältnis zum schwarzen Sehfeld, von dem die Aufmerksamkeit abgelenkt werden muß. Es ist derselbe Unterschied, der gewöhnlich zwischen

Wahrnehmung und Vorstellung besteht; die Wahrnehmung ist leibhaftig, die Vorstellung bildhaft, was nicht zusammenfällt mit dem Realitätsurteil oder seiner Leugnung. Von einer gewöhnlichen blassen Vorstellung unterscheidet sich die Pseudohalluzination in vielem: Sie ist konstant, passiv, kann nicht nach Willkür erzeugt oder verändert werden; sie hat die vollendete Zeichnung der Wahrnehmung, zerfließt nicht wie eine gewöhnliche Vorstellung.

Echte Halluzinationen endlich sind leibhafte Wahrnehmungen im objektiven Raum, die ganz neu entstehen, nicht bloß Umbildungen von Objekten sind. Sie erscheinen dem unbefangenen Beobachter so, als ob sie durch ein Sinnesorgan vermittelt seien. Oft ist der Unterschied zwischen ihnen und den Illusionen fließend. Auch Halluzinationen knüpfen gewöhnlich an irgendwelche Sinnesreize an, die „Stimmen“ an irgendein Geräusch, die „Gestalten“ an einen schwachen Schein oder Schatten. Ein Bild an der Wand etwa scheint größer zu sein, heranzutreten, verwandelt sich in eine andere Figur und wird so von der anfänglichen Illusion in einem nicht anzugebenden Augenblick zur Halluzination. Sicher liegt eine Halluzination vor, wenn das Sinnesorgan mit den zentripetalen Bahnen zerstört ist, wie es vorkam, oder wenn die gesehene Gestalt sich von der Lage im Raume unabhängig erweist. Die Halluzinationen können einfach, elementar sein: Flammen, Funken, Geräusche; oder Komplexe: Gestalten, Stimmen. Ferner positiv: die subjektive Wahrnehmung eines nicht vorhandenen Gegenstandes; oder negativ: das Nichtwahrnehmen eines vorhandenen, in normalem Zustand notwendig wahrzunehmenden Gegenstandes.

2. Ursachen der Halluzinationen.

a) Somatische Abhängigkeiten. *Kräpelin* (Psychiatrie I[8]): Bei Fieber und Infektionsdelirien treten traumartige Trugwahrnehmungen auf. Beim Zusammenwirken verschiedener Sinnesgebiete wird es sich um ausgebreitete krankhafte Vorgänge in der Hirnrinde handeln. Wegen dieser Erscheinungen sind manche Gifte gesucht. So wirkt der Ätherrausch beglückend; ganz besonders hat Haschisch intensive Lustzustände zur Folge, beglückende Szenen, besonders auch leuchtende Farben, weshalb es von den Orientalen leidenschaftlich genossen wird. Opium bewirkt besonders erotische Bilder; bei fortgeschrittenem Stadium auch sehr große Qualen. Die Schlummerbilder vor dem Einschlafen, welche *Joh. Müller* eingehend beschrieb (*Fechner* II 506), sind teils leibhafte sinnliche Erscheinungen im Augenschwarz, teils Pseudohalluzinationen.

b) Die Abhängigkeit von äußern Reizen. Besonders bei pathologischer Veranlagung kann ein äußerer Reiz oder eine subjektive Empfindung den Anlaß zu Sinnestäuschungen bieten. So entstehen Gehörshalluzinationen aus allen vorhandenen Geräuschen. Ein Kranker hörte jedesmal Stimmen, wenn das Wasser aus dem Hahn lief; ein anderer, wenn in seiner Nähe undeutlich gesprochen wurde. So kommt es beim Gesichtssinne vor, daß nur bei offenen Augen oder auch nur bei geschlossenen Augen Gestalten gesehen werden.

Man hat auch versucht, Trugwahrnehmungen durch äußere Mittel zu verändern, und hat daraus auf die Mitbeteiligung der Sinnesorgane geschlossen. Halluzinationen wurden bisweilen durch Prismen verdoppelt, durch Linsen verkleinert oder vergrößert, durch farbige Gläser gefärbt. Halluzinationen finden sich bisweilen in immer derselben Hälfte des Gesichtsfeldes; die Trugwahrnehmung kann Nachbilder hinterlassen. Doch zeigte schon *Bernheim*, daß die Verdoppelung durch ein Prisma nur entsteht,

wenn an andern äußern Objekten das Verdoppeltwerden beobachtet wird. Auch haben wir dieselben Versuche mit ganz gleichen Resultaten schon bei den einfachen Vorstellungen der Projektionsmethode kennen gelernt. Halluzinationen wurden auch bei Fehlen der peripheren Sinnesorgane beobachtet: *Clauster* fand Fälle, wo die Sehnerven bis zu den Vierhügeln degeneriert waren; *Schüle* solche, wo der ganze Sehhügel bis in die Wurzel des Stabkranzes erweicht war.

c) Die psychische Abhängigkeit bestimmt besonders den Inhalt der Trugwahrnehmungen. Halluzinationen können vielfach willkürlich hervorgerufen werden, entweder nur indirekt, indem die günstigen Vorbedingungen geschaffen werden, manchmal, obwohl selten, auch direkt. So im früher besprochenen Falle von *H. Meyer* (S. 210). *Staudenmaier* brachte es durch Übung bis zum Stimmenhören und Geistersehen, zerrüttete aber dadurch seine Nerven. Bekannt ist die Suggestion in der Hypnose. Auch Deliranten kann man suggerieren, bestimmte Dinge zu sehen. Dasselbe ist sogar bei Gesunden möglich, wo sich aber die Halluzinationen in engen Grenzen halten und nur Empfindungen von geringster Intensität betreffen. Besonders gut sind so Illusionen zu erzielen; ist die Erwartung auf ein bestimmtes Objekt gerichtet, so kann es leicht mit dem Sinneseindruck verschmolzen werden, wie *Münsterberg* bei tachistoskopischen Leseversuchen zeigte. Rief er vorher dem Beobachter zu: Verzweiflung, so wurde das darauf erscheinende Wort Triest als Trost gelesen. Ganz besonders entscheidend ist die Gemütslage, die Erfahrung, die persönlichen Dispositionen, Lebenserfahrung, Beruf, Erwartung, Stimmung. Diese Verschiedenheit zeigt sich schon beim gewöhnlichen Alkoholrausch. Die Araber schlossen aus den Träumen auf bestimmte Temperamente: Feuer und Lichterscheinungen teilten sie dem Choleriker zu, Schlangen, Finsternis dem Melancholiker usw. Bestimmte subjektive Geräusche, die gegenwärtig als Glockengeläute aufgefaßt werden, wurden zu den Zeiten Platos als Flötentöne gehört. Einen großen Einfluß hat die gewohnte Gedankenwelt. Der Traurige sieht in jeder Bewegung Verhöhnung, Beleidigung; umgekehrt verhält sich der Optimist.

3. Der Inhalt der Halluzinationen. Ihre einzelnen Gebiete.

Sehr verbreitet sind Gesichtshalluzinationen: Oft sind sie fest lokalisiert im wahrgenommenen Raume; andere Male dagegen in einem subjektiven Raume (Pseudohalluzinationen). Die Illusionen sind ihrer Natur entsprechend an den äußern Ort gebannt, wo der Reiz ist. Die Erscheinung kann den Bewegungen der Augen folgen oder ruhig bleiben. Manche Kranke sehen die Bilder an den Wänden hüpfende Bewegungen machen, die Möbel sich bewegen, die Wände einstürzen, nicht infolge von Schwindel, sondern während gleichzeitig andere Objekte ruhig erscheinen. Dinge erscheinen größer oder kleiner als normal, bisweilen sogar verzerrt. Ein völlig Blinder hat oft tagelang das Sehen von intensivstem grellen Lichte. *Naville* (ArPs [f] 8 [1909]) berichtet über eigene Halluzinationen, die ihn nie täuschten. Er sieht öfter mehrere Personen in fünf Minuten Entfernung; Gebäude so genau, daß er die Fenster zählen könnte, Aufzüge zahlreicher Personen auf der andern Seite der Straße usw.

Die Gehörshalluzinationen: Worte, Melodien, Glockengeläute. Die Pseudohalluzinationen erscheinen hier als „innere Stimmen", die als etwas Fremdes empfunden werden. Die eigentlichen Halluzinationen werden im Raum lokalisiert und täuschen leicht, weil hier die Nachprüfung durch den Tastsinn fehlt. Bisweilen treten sie massenhaft auf, so daß sich Affekte entwickeln, die gar keine Überlegung aufkommen lassen. Bisweilen

werden sie durch äußere Reize ausgelöst, besonders undeutlich gehörte Worte. Auch normal ist es ja nicht selten, daß sich jemand irrtümlich beim Namen rufen hört.

Ein Sonderfall ist das Doppeldenken: Außer der gewöhnlichen Art erscheinen jemanden seine Gedanken noch als laute Gehörswahrnehmung. Oft wird ihm beim Lesen alles nachgesprochen, was er liest; beim Schreiben alles vorgesprochen, was er schreiben will. Der Ausdruck „Doppeldenken" ist, wie *Specht* mit Recht bemerkt, ungenau, da der Gedankeninhalt einfach ist, nur in zwei Mitteln gegeben; ebenso wie ein Tisch nicht verdoppelt heißt, weil man ihn zugleich sieht und betastet. Der Betreffende spricht in der Tat, so erklärt man die Erscheinung, seine Gedanken leise aus, was auch normal häufig ist. Das Abnorme ist nur, daß er diese Worte wegen seiner Erregtheit mit voller sinnlicher Deutlichkeit hört, dabei sich aber seiner Sprechbewegungen nicht bewußt ist. So hört er Worte, ohne zu wissen, daß er sie selbst spricht. Das wurde durch direkte Beobachtungen bestätigt.

Geschmacks- und Geruchshalluzinationen: meist unangenehme Gerüche, veränderter Geschmack, der zur Behauptung verleitet, alles sei vergiftet oder schmecke wie Menschenfleisch. Haut- und Bewegungshalluzinationen: das Gefühl von Ameisenlaufen, von Schweben, Fliegen; der Boden hebt und senkt sich; ein Gegenstand wiegt in der Hand auffallend leicht oder schwer. Organhalluzinationen: das Gefühl, als würden die Eingeweide durchschnitten; Glieder erscheinen geschwollen, Teile verdreht.

Die Lokalisation (*Martin*). Die Trugwahrnehmungen werden lokalisiert wie die normalen Vorstellungsbilder. Halluzinationen besitzen bisweilen einen festen Ort im Raum, wo sie öfter erscheinen; andere sind rein egozentrisch lokalisiert, bewegen sich mit den Augen. Besonders häufig ist die Lokalisation im Zimmer. Das Sehen der Objekte an ihrem entfernten Orte tritt oft dann auf, wenn ganze Szenen gesehen werden und die Gegenstände in natürlicher Größe erscheinen. Besonders auffallend erschien früher die Lokalisation in einem losgelösten Raume, der zum wirklichen keine Beziehung habe, die Pseudohalluzination. Dazu gehören auch die extrakampinen Halluzinationen von *Bleuler:* das Sehen der Gestalten hinter sich oder an einem fernen Orte, kurz außerhalb des Sinnesfeldes; weshalb von einem Sehen mit dem geistigen Auge gesprochen wird. Nach den vorher (S. 213) besprochenen Untersuchungen *Martins* kommt dasselbe aber auch normal vor, fordert also keine Veränderungen im Gehirn. *Jaspers* (ZPaPs 2, 150 ff.) beschreibt Halluzinationen, bei denen wir von der Gegenwart eines Dinges wissen, ohne es leibhaftig wahrzunehmen. Ein Kranker hatte das Gefühl, als ob jemand beständig neben ihm hergehe, ohne ihn je zu sehen. Ein anderer hat im Hotelzimmer den Eindruck als ob jemand darin sei; er fühlt sich beobachtet. Schon früher hatte *James* solche Fälle berichtet: so fühlt jemand, daß etwas in sein Zimmer kam, dicht an sein Bett trat; er erfaßt es nicht mit den Sinnen und doch mit größerer Deutlichkeit, als je bei einem Dinge sonst. — Hier scheint anschauliche örtliche Lokalisation mit unanschaulichem oder sehr schwachem visuellen Inhalt verbunden.

§ 7. Die Bedeutung der Trugwahrnehmungen.

1. Ihr Vorkommen bei Normalen. Schon in der Geschichte werden manche Beispiele erwähnt, die man in diese Klasse einrechnet. So nach einigen

die „göttliche Stimme“ des *Sokrates*, die ihn warnte, wenn er oder einer seiner Bekannten etwas Verkehrtes zu tun im Begriffe war; wobei freilich die behauptete Richtigkeit der Warnung unerklärt bleibt. *Pascal* sah nach einem Unfall beständig einen schwarzen Abgrund zu seinen Füßen. Theodorich der Große war von Reue ergriffen über die Hinrichtung des Symmachus. Da glaubte er eines Tages bei Tisch statt des Kopfes des aufgetragenen Fisches den Kopf des Symmachus zu sehen. Als Beispiele auf wissenschaftlichem Gebiet, wo angestrengteste Beobachtung die erwartete Erscheinung hervorrief, nennt *Stumpf* das Od von Reichenbach: er nahm durch Auge, Zunge und Haut an den Polen eines Magneten einen ausströmenden Stoff wahr. Neuen Datums sind die *N*-Strahlen von *Blondlot:* er fand über sie viele Ergebnisse, erhielt den großen Preis der französischen Akademie; *Broca* konnte nach langer Übung mit einer Röhre am Schädel eines Menschen aus dem Aufleuchten die Hirnwindungen bestimmen. Deutsche und englische Forscher konnten die Erscheinungen nie bestätigen; es waren wissenschaftliche Halluzinationen. Von Gegnern des Offenbarungsglaubens werden bekanntlich auch alle übernatürlichen Visionen in diese Klasse versetzt. Das beruht auf der Voraussetzung, daß übernatürliche Eingriffe in das Naturgeschehen unmöglich seien, und steht und fällt mit der Wahrheit dieser Voraussetzung, die wir hier nicht weiter zu untersuchen haben.

In neuester Zeit wurde von *Gurney* und andern eine Statistik veranstaltet über Wachhalluzinationen Normaler. Die Hauptfrage war: Haben Sie jemals bei guter Gesundheit und in vollkommen wachem Zustand die deutliche Empfindung gehabt, ein menschliches Wesen zu sehen oder von ihm berührt zu werden, eine Stimme zu hören oder ein Geräusch zu vernehmen, welches Sie die Anwesenheit von Menschen mutmaßen ließ, obwohl niemand da war? Auf 27000 Antworten, die einliefen, ergaben sich 12 % (also über 3000 Fälle) mit Ja. Danach läßt sich an der Tatsächlichkeit der Wachhalluzinationen wohl nicht zweifeln. Eine andere Frage ist die nach dem Prozentsatz. *Parish* macht dagegen geltend: Wahrscheinlich gingen die Sammler der Antworten immer zuerst auf Fälle los, die ihnen schon von vornherein als aussichtsreich bekannt waren. Für einen verlässigen Prozentsatz aber würde es notwendig sein, in einem Bezirk alle Individuen zu befragen.

2. Die Täuschung durch Halluzinationen hängt teilweise von deren Intensität ab. Eine schwächste Stufe haben wir in der Beschreibung: Vor den Augen meines Geistes stieg mit allen Zügen des Gesichtes und der Gestalt mein alter Freund herauf. Deutlicher ist es, wenn ein Gemälde auf der Wand erscheint. Noch stärker, wenn die Erscheinung körperlich ist, aber durchsichtig, bekanntlich der Typus für die Gespenstererscheinungen in der Malerei. Die höchste Stufe haben wir, wenn die Gestalt körperlich und undurchsichtig erscheint. Ähnliche Unterschiede zeigen die Gehörshalluzinationen. Im niedrigsten Grade werden sie beschrieben als tonlose Stimmen, die „geistweise“ reden; oder Stimmen, die leise und flüsternd, wie von weither klingen. Aber manchmal hört man sie auch laut und deutlich, so daß sie von objektiven sich nicht unterscheiden. In Grenzfällen wird die subjektive Natur der Täuschung bisweilen nur noch indirekt erkannt. Ein junger Mann hörte stets seine Gedanken laut; er ging auf ein Feld hinaus, wo niemand in der Nähe war. Als er sie auch da noch ebenso laut hörte, war er überzeugt, daß es eine Täuschung sei. In vielen Fällen tritt auch volle Täuschung ein. „Wenn meine Wahrnehmungen irrig sind“, sagte ein solcher, „muß ich zweifeln, daß ich Sie sehe, Sie höre.“ Dasselbe beweisen die Handlungen halluzinatorischer Kranker.

Besonders täuschend ist es, wenn die Halluzination gleichzeitig in mehreren Sinnen auftritt, das Gesehene auch gefühlt und gehört wird. Auch ist die Intelligenz des Kranken von Bedeutung für die Täuschung.

Nach *Kräpelin* üben die Sinnestäuschungen bei gewissen Geisteskranken eine große Macht aus, sie überwältigen sehr bald das gesunde Urteil. Es liegt nicht an der sinnlichen Lebhaftigkeit der Trugbilder, denn selbst wirkliche Wahrnehmungen kommen oft nicht gegen sie auf, sondern an der inneren Übereinstimmung der Täuschungen mit den krankhaften Befürchtungen und Wünschen. Deshalb wachsen sie mit den Stimmungen. Kein Gesunder würde die Worte eines Vorübergehenden: „Das ist der Kaiser", sofort auf sich beziehen oder gar ihnen glauben; auf den betreffenden Geisteskranken, wo es der Abschluß einer Kette dunkler Ahnungen ist, macht es den tiefsten Eindruck.

3. Die Kristallvisionen. Sie werden erzeugt, indem ein glänzender Gegenstand fixiert wird, ein Kristall, Metall, Wasser in einem Glas, eine Quelle, die geölten Fingernägel usw. Währenddessen bannt man möglichst alle Gedanken und geht in dem Anblick auf. Dadurch gerät man in einen schwachen hypnotischen Zustand, der den Eintritt von lebhaften Illusionen begünstigt. So kann es kommen, daß man schließlich auf der Fläche Gestalten usw. erblickt, die auf eine gestellte Frage Bezug haben. Bei den alten Völkern wurde diese Kunst häufig in der Absicht geübt, Geheimnisse zu entdecken, Orakel zu erhalten. Bei den Ägyptern wird sie noch heute benutzt, um einen Dieb zu entdecken, wovon *Lane* als Augenzeuge einen Fall mitteilt (*Parish* 51). Dieselbe Methode findet sich bei manchen Arten von Orakeln. So in Griechenland im Tempel der Demeter zu Paträ als Hydromantik: Man senkte einen Spiegel bis zur Berührung der Oberfläche in das Wasser hinab. Dann blickte man auf den Spiegel und machte aus den Figuren und Bildern, die in ihm erschienen, Schlüsse auf den Zustand des Kranken. Andere Orakel benutzten Gehörsillusionen: Seemuscheln, an das Ohr gehalten, lassen ein verworrenes Geräusch hören, aus dem sich Stimmen entwickeln können; die Weissagungen aus dem rauschenden Hain in Dodona. Noch am Hofe der Katharina Medici und der Königin Elisabeth wurde diese Kunst der specularii, des Spiegelschauens, geübt. Eine Reihe moderner Beispiele, über deren Wahrheit er aus der Nähe urteilen konnte, nebst einer Übersicht, über die weite Verbreitung dieser Visionen und ihre Bezeugungen bietet *A. Lang* (The making of religion, 1898, Kap. 5).

Psychologisch sind die gewöhnlichen Kristallvisionen einfach experimentell hervorgerufene Halluzinationen, die bisweilen von Nutzen sein können, um etwas Vergangenes wachzurufen. So hatte jemand einen Brief zu schreiben, wußte aber Straße und Hausnummer nicht mehr. Er benutzte einen Kristall und sah richtig darin eine Anschrift in grauen Buchstaben auf weißem Grund. Da er nichts Besseres wußte, versuchte er sie und bekam die Antwort mit dem grauen Aufdruck, wie er ihn in dem Kristall gesehen hatte. Auch andere auffallende Beispiele bietet *Parish* (53 ff.). Bekanntlich leisten bisweilen auch Träume ähnliches für die Erinnerung. Allerdings ist zu beachten, daß nur die seltenen Fälle, die besonders schön gelungen sind, erzählt werden. Durchaus nicht immer kommen die Erinnerungen, die man sucht, sondern bisweilen ganz andere, wertlose oder Neuschöpfungen der Phantasie. Ob die Fähigkeit, leicht Kristallvisionen zu haben, immer eine hysterische Anlage voraussetzt, wie *Janet* meinte, ist umstritten. Sicher ist eine längere Beschäftigung damit nicht von Nutzen, da die wenigen gelingenden Erinnerungen die etwaige Schädigung der seelischen Gesundheit nicht aufwiegen.

4. Die telepathischen Visionen. Im statistischen Material zeigte sich häufig ein Zusammentreffen der Halluzinationen mit Ereignissen, auf welche sie

Bezug hatten, ohne daß ein natürlicher Zusammenhang zwischen ihnen begreiflich erschien. So sollen von 372 Fällen der englischen Sammlung, wo die Erscheinung von Personen lebenswahr stattfand, 18% mit dem Tode der Gesehenen zusammengefallen sein. *Parish* betont, daß dieser hohe Prozentsatz nicht bewiesen sei. Zunächst wurde nur selten der Nachweis einer wirklich vollkommenen Gleichzeitigkeit geleistet; die statistische Sammlung gab sich mit einem Abstand von nicht mehr als zwölf Stunden zufrieden. Ferner läßt sich zeigen, daß die weissagenden Halluzinationen viel besser behalten wurden als gewöhnliche bedeutungslose, die schnell vergessen werden. Auch ist es methodisch nicht richtig, wahrsagende Halluzinationen bloß mit denjenigen zu vergleichen, wo Personen erschienen sind, sondern sie müßten mit allen Halluzinationen überhaupt verglichen werden, wodurch ihr Prozentsatz außerordentlich sinken würde.

Zur Erklärung des merkwürdigen Zusammentreffens weist er ferner auf einige Fehlerquellen hin, die man für einen gültigen Beweis erst auschließen müßte. Eine solche ist die Wiedererinnerungstäuschung, die nicht selten ist: Ein neues Ereignis erscheint ganz klar als Wiederholung eines früheren, trotzdem nichts Derartiges vorhanden gewesen war. Da nun gewöhnlich die wahrsagenden Halluzinationen erst berichtet werden, nachdem sie eingetroffen sind, mag diese Täuschung gewirkt haben. Besonders leicht möglich ist es, daß eine frühere Erscheinung durch ein späteres, teilweise damit übereinstimmendes Ereignis in der Erinnerung umgeändert wird. Eine eingehende Polemik gegen diese Kritik richtet *A. Lang* (a. a. O., Kap. 6 und Appendix A).

Sicher mahnen die Gründe, in der Feststellung solcher Tatsachen äußerst vorsichtig zu sein. Im übrigen wird niemand ein übernatürliches Eingreifen aus einem hohen Prozentsatz beweisen wollen. Im Gegenteil wäre dann eher ein verborgenes Naturgesetz zu vermuten, das ja viele in der Telepathie sehen und in verschiedenen Hypothesen verständlich zu machen versucht haben. Der Beweis eines übernatürlichen Eingreifens müßte sich durchaus an einzelne Tatsachen halten und hat deren genaueste Feststellung sowie das Wissen um die Unmöglichkeit einer natürlichen Erklärung zur unerläßlichen Vorausetzung. Das letztere ist prinzipiell nicht unmöglich. So wird niemand einen Brief, der auf vorher gestellte Fragen antwortet, für ein zufälliges Produkt bedeutungsloser Atome halten; das überschreitet eben alles, was man vom Zufall erwarten kann. Ebenso ist eine Übereinstimmung von Einzelheiten einer telepathischen Vision mit der Wirklichkeit denkbar, die ursächlich von dem Ereignis nicht hergeleitet werden kann und bei der eine Annahme des Zufalles jede denkbare Möglichkeit überschreitet. In diesem Sinne müßte also ein Beweis erbracht werden.

§ 8. Das Wesen der Trugwahrnehmung.

Mit dem Wesen der Trugwahrnehmung sind zwei Fragen aufgeworfen: Welches sind die wesentlichen Eigenschaften der Halluzination im Gegensatz zu den Vorstellungen? und: Ist dieser Gegensatz ein wesentlicher, d. h. unüberbrückbarer? Die Beantwortung läßt aber beide Gesichtspunkte nicht trennen. Die Halluzination fällt für den subjektiven Anschein mit der Wahrnehmung zusammen. Die Frage nach den wesentlichen Eigenschaften ist deshalb eine ähnliche wie für die Wahrnehmung.

Jaspers unterscheidet an den Wahrnehmungen die Empfindungselemente, von denen ein Teil durch äußere Reize entsteht, ein anderer durch damit verknüpfte Vorstellungen; die räumlichen und zeitlichen Qualitäten; die intentionalen Erlebnisse oder Akte, welche die Empfindungen zu Gegenständen machen. Der Objektivitäts-

charakter wird nicht erschlossen, sondern unmittelbar miterlebt. Bei der Vorstellung hat man in ähnlicher Weise die aus der Sinnenerfahrung stammenden inhaltlichen Elemente, die räumlich-zeitliche Ordnung und eigenartige intentionale Akte, womit ein Subjektivitätscharakter unmittelbar gegeben ist.

a) Die Intensität ist trotz ihrer unleugbaren Bedeutung nicht als das Entscheidende für die Wahrnehmung anzusehen. Auch ein sehr leiser Schall kann deutlichen Empfindungscharakter haben. Es gibt auch inhaltsreiche und farbenprächtige Vorstellungen (Anschauungsbilder), die darum doch noch nicht für Wahrnehmungen gehalten werden. Auch die Pseudohalluzinationen gehören ja hierhin. Ein absolut sicherer Unterschied der durch die Sinne vermittelten Inhalte ist in Wahrnehmung und Vorstellung nicht nachzuweisen.

b) Mehr Gewicht legen verschiedene Forscher auf die räumlich-zeitliche Anordnung. *Kandinsky, Störring, Jaspers* nehmen an, daß Wahrnehmungsraum und Vorstellungsraum völlig voneinander getrennt seien; zwischen beiden bestehe kein Übergang. Wir sahen früher, daß Projektion in den wirklichen Raum auch bei der gewöhnlichen Vorstellung sehr häufig eintritt. Selbst bei *Fechner* finden sich Beispiele; noch mehr bei den Anschauungsbildern. Das widerlegt die Anschauung, welche aus dieser Lokalisation eine unüberbrückbare Unterscheidung machen möchte.

c) *Hirth* (ZPaPs 1 [1912]) sieht die unmittelbar zu erkennende Unterscheidung darin, daß die Vorstellung ein aktives Erzeugnis ist, die Wahrnehmung etwas Gegebenes, Hingenommenes.

Sicher ist der Passivitätscharakter ein wichtiges Merkmal der normalen Wahrnehmung wie auch der Halluzination. Trotzdem scheint es übertrieben, darin allein das Wesentliche sehen zu wollen. Die Passivität kommt genau ebenso der Pseudohalluzination zu; sie gilt auch von der Zwangsvorstellung.

d) Andere sehen den übergangslosen Unterschied in der Art und Weise, wie die Gebilde gegeben sind. Wir haben schon den Gegensatz von Leibhaftigkeit und Bildhaftigkeit gehört, den *Jaspers* hier vorbringt, und den er nicht mit dem Realitätsurteil zusammenfallen lassen will. Nach *Th. Conrad* (Münchener philosophische Abhandlungen, 1911) kommt allein dem Wahrgenommenen der Eindruck zu, unmittelbar gegenwärtig zu sein. Nach *Husserl* sei nur das Wahrgenommene selbstgegenwärtig, stehe vor mir selbst, scheine persönlich gegenwärtig; das Vorgestellte dagegen abwesend. Das Wahrgenommene macht den Eindruck der Festigkeit, der Realität. Die Vorstellung ist der Wahrnehmung wesentlich nachgeordnet. Nach *Specht* reicht nur die Wahrnehmung unmittelbar an den Gegenstand heran; in ihr allein sind wir in unmittelbarem Kontakt mit den Dingen. Gegenüber dieser prinzipiellen Abgrenzung, die manche Psychiater, wie *Hagen, Kandinsky, Jaspers* aufstellen, lassen übrigens andere, wie *Griesinger, Goldstein* nur einen graduellen Unterschied gelten.

Gegenüber allen diesen Behauptungen bemerkt *Stumpf* mit Recht, daß es *Jaspers* nicht gelungen sei, die von einem Realitätsurteil unabhängige Leibhaftigkeit verständlich zu machen. Die reichhaltigen Ausdrücke der Phaenomologen haben dazu nichts Neues gebracht. In den Fällen der Täuschung erscheint durchaus das nur Vorgestellte als selbstgegenwärtig, vor uns stehend, real, als Vorlage für die Vorstellung; sonst unterläge man ja der Täuschung nicht. Diese Ausdrücke aber scheinen gleichbedeutend

mit dem Realitätsurteil. Daß Vorhandensein oder Fehlen des Realitätsurteils einen unüberbrückbaren Unterschied ausmache, ist selbstverständlich. Aber dieses Urteil selbst verlangt bewußte Grundlagen im Erlebnis; und solche sind nicht zu finden, wenn man auf der Forderung stehen bleibt, daß sie nie täuschen dürfen. Ist man dagegen mit Kriterien zufrieden, die praktisch genügen, ja fast immer das Urteil rechtfertigen, so brauchen wir kein einzelnes Merkmal, das im strengen Sinne wesentlich ist, sondern es genügt, auf die Summe der Eigenschaften hinzuweisen, die ruhige Konstanz, besonders bei den visuellen Bildern, Einordnung in den Raum, sinnliche Lebhaftigkeit, den Charakter des Gegebenseins, der Passivität, abgesehen von den höheren Kriterien der Naturgesetzlichkeit usw., die wir hier noch nicht behandeln. Je mehr von diesen Eigenschaften und je vollkommener sie vorhanden sind, desto mehr wird das Bild der Bezeichnung Wahrnehmung gerecht.

Danach erledigt sich die Frage nach dem wesentlichen Unterschied. Auf Grund der kennengelernten Kriterien besteht unter gewöhnlichen Umständen ein außerordentlich großer, praktisch durchaus hinreichender Unterschied, der die Sicherheit unseres Handelns gewährleistet. Aber der Unterschied bleibt graduell, er ist nicht unüberschreitbar.

Nach dieser Behandlung der Vorstellung in all ihren Abarten wenden wir uns zur großen Klasse der Wahrnehmungen, die uns in den folgenden Kapiteln beschäftigen wird. Die einfachste Form ist die intensive Verbindung, deren Typus die Tonverbindungen ausmachen.

Zweites Kapitel.

Die gleichzeitigen Tonverbindungen.

Literatur. *Stumpf,* Tonpsychologie, besonders Bd II; ders., Beiträge zur Akustik usw. Heft 1 und 2. — *Krüger,* Differenzton und Konsonanz, in ArGsPs 1 (1903) 205 ff. und 2 (1904) 1 ff. — *Stumpf,* Differenzton und Konsonanz, in ZPs 39 (1905) 269 ff. — *Krüger,* Die Theorie der Konsonanz, in PsSd 1 (1906) 305 ff.; 2 (1906) 205 ff.; 4 (1908) 201 ff.; 5 (1910) 294 ff. — *Stumpf,* Konsonanz und Konkordanz, in ZPs 58 (1911) 321 ff.; ders., Differenzton und Konsonanz, in ZPs 59 (1911) 161 ff. — *v. Öttingen,* Das duale System der Harmonie, in Ostwalds Annalen der Naturphilosophie I—V. — *Kemp,* Methodisches und Experimentelles zur Lehre von der Tonverschmelzung, in ArGsPs 29 (1913) 139 ff. — Von den Lehrbüchern handeln weitläufiger über dieses Thema *Külpe* (Grundriß, 1893) und *Wundt.*

§ 1. Die nichtextensiven Verbindungen der Elemente.

1. Bei der Verbindung von Bewußtseinselementen, seien es bloße Empfindungen oder Mischungen von Empfindung und Vorstellung, ist es die Aufgabe der Psychologie, zu zeigen, welche uns bekannten Elemente im einzelnen Falle einer Verbindung vorhanden sind (Analyse, Zerlegung der Verbindung), und wie sie sich zum Komplex zusammensetzen und dabei gegenseitig verändern (Synthese oder Aufbau der Verbindung). Von einer Verbindung kann man nur dort reden, wo noch eine Zerlegung im Bewußtseinsbestand möglich ist; die Zusammengesetztheit der Reize allein beweist noch nicht eine Zusammengesetztheit in dem bewußten Vorgang.

Külpe unterscheidet als Klassen der Verbindung die Verschmelzung und Verknüpfung. Bei der Verschmelzung wird die Zerlegung durch die Verbindung erschwert; so beim Akkord. Bei der Verknüpfung wird sie dadurch erleichtert; die Teilung einer räumlichen oder zeitlichen Gestalt macht keine Schwierigkeit. Diese Unterscheidung scheint mit der *Wundt*schen in intensive und extensive Vorstellungen zusammenzufallen. Intensive Vorstellung ist ein Ganzes, das nur qualitative und intensive Verschiedenheiten aufweist; extensive Vorstellung dagegen ist ein räumliches oder zeitliches Gebilde. Gehören die Elemente verschiedenen Sinnesgebieten an, so heißt die Verbindung nach *Herbart* Komplikation.

Beispiele sind die Verschmelzungen verschiedener Gerüche zu einem Gesamtgeruch. Auch bei den Komplikationen mancher Sinne kommt gleichzeitig eine Verschmelzung vor, nämlich die Bildung eines qualitativen Gesamteindruckes, besonders wenn gleichzeitig verschiedene Sinne durch dasselbe Objekt gereizt werden. Solche sind die „feineren Geschmäcke des Weines", der brennende Geschmack; die Komplexe hart, rauh. Die Verschmelzung hat nach *Stumpf* verschiedene Grade. Sie ist weniger stark zwischen den Empfindungen verschiedener Sinne, z. B. Geschmack, Geruch und Temperatur; stärker innerhalb desselben Sinnes, besonders des Gehörssinnes, zu dem wir uns jetzt wenden.

2. Die Tonverbindungen. *Wundt* teilt die Empfindungskomplexe des Gehörs in Geräuschformen und Klangformen. Die Geräuschformen werden unterschieden nach der Stärke; nach dem Klang: voll, leer, dumpf, hell . . ., was auf der Anwesenheit von hohen und tiefen Obertönen beruht; nach den zeitlichen Eigenschaften, was man in der Sprache durch Schallnachahmungen ausdrückt: knallen, pfeifen, zischen, rascheln.

Die für uns wichtigsten Geräuschformen sind die Sprachlaute. Die Klangbestandteile sind da gebunden an den Kehlkopf (die schwingenden Stimmbänder), die Geräuschbestandteile an die Hindernisse in der Mundhöhle, welche dem Luftstrom entgegengesetzt werden.

a) Die Vokale nähern sich, wie früher gezeigt, den reinen Tönen. Zu dieser Klasse gehören auch die Halbvokale: *l, r, m, n,* welche in vielen Sprachen silbenbildend auftreten. So ist nach der Phonetik in der gewöhnlichen Aussprache des deutschen Wortes „Handel" in der zweiten Silbe nicht ein *e* zu hören, sondern das vokalisch gesprochene *l.* Bei *m* und *n* entweicht die Luft durch die Nase: bei *l* zu beiden Seiten der dem Gaumen anliegenden Zungenspitze. Die Unterbrechungshalbvokale *r* haben 20—40 Schwingungen in der Sekunde.

b) In den Konsonanten wird nach der gewöhnlichen Auffassung das Übergewicht der Geräuschelemente über den Stimmklang immer größer. Am nächsten stehen den Vokalen die unterbrochenen Dauergeräusche. Die stimmhaften Geräusche (die man als solche leicht daran unterscheidet, daß man sie auf verschiedenen Tönen singen kann) *w, s* . . . verbinden sich mit dem Stimmton, welcher bei den stimmlosen *f, s, sch* . . . fehlt. Zwischen den stimmlosen Dauergeräuschen *f, s, sch, ch* entweicht die Luft durch spaltförmige Öffnungen mit blasendem Geräusch; die je nach dem Sitze der Verengerung verschiedenen Charakter haben; die Dauergeräusche können auch Stimmton haben, wobei das blasende Geräusch gegen den Stimmton zurücktritt und dadurch weicher erscheint. In der Flüsterstimme werden alle diese Laute ohne Stimmton angegeben. Den reinsten Geräuschcharakter zeigen die explosiven Laute *k, p, t, g, b, d:* eine plötzliche, sehr kurze Lufterschütterung, die

höchstens eine gewisse Tonlage erkennen läßt. Auch sie können sich mit dem Stimmton verbinden. — Die vollkommene Darstellung der Zusammenhänge aller dieser Laute gibt die Phonetik (vgl. *Sievers*).

§ 2. Der Akkord als Tonverbindung.

1. Der Akkord als zusammengesetzte Empfindung (*Stumpf* § 16 17). Haben wir bei den Tonverbindungen wie bei den Mischfarben ein einfaches Produkt mehrerer gleichzeitiger Reize, oder einen Komplex von Teilen, die in ihrer Eigenart wahrnehmbar bleiben? Die Nichtmusiker erklären gewöhnlich den Akkord *c-e-g* für eine Einheit. So *Fechner*, neuestens auch *Köhler*. Daß man die drei Töne nennen könne, erklärt diese „Einheitslehre" daraus, daß man oft bemerkt habe, wie der Akkord aus ihnen entstanden sei. Ein Zusammenklang scheint doch stärker zu klingen als jeder Bestandteil für sich allein, was nicht der Fall wäre, wenn man noch immer jeden Bestandteil hörte.

Dagegen spricht für eine Mehrheit der Empfindungen das allgemeine Urteil der Musiker. Ebenso *Lotze, Helmholtz, Stumpf, Krüger*. Nach *Stumpf* kann man zwischen der zerlegenden und der nicht-zerlegenden Betrachtung der Zusammenklänge wechseln. Ein verstehender Genuß unsrer harmonischen und polyphonen Musik wäre ohne Zerlegung des Ganges der einzelnen Stimmen nicht möglich. Der Wechsel der unzerlegten Klangmassen würde nur musikalische Stimmungen geben, ähnlich wie bei einer unverstandenen, aber mit Affekt vorgetragenen Rede. Vom Unmusikalischen werden die einzelnen Töne auch gehört, aber nicht gesondert, ähnlich wie es bei den Gemeinempfindungen geschieht. Die Sekunde (*c-d*) oder Septime (*c-h*) wird von vielen Unmusikalischen sofort als zwei Töne erkannt. Auch ist es unrichtig, daß ein Zusammenklang eigentlich stärker klinge als ein einzelner Ton. Der Zusammenklang ist wohl reicher, voller, aber nicht stärker.

Direkt gegen die Einheitslehre spricht weiter: Ein gewandter Musiker kann nicht bloß Klänge zerlegen, die er oft gehört, sondern auch nie gehörte, über deren objektive Zusammensetzung er keine Erfahrung sammeln konnte, z. B. bei unbekannten musikalischen oder akustischen Instrumenten. Man hört ferner die Obertöne in natürlicher Stimmung, während man in der Erfahrung nur die temperierte Stimmung kennen gelernt hat und nie reine Akkorde, am allerwenigsten solche Verhältnisse, welche in unserem musikalischen System gar nicht vorkommen, wie die natürliche Septime. — *Köhler* gibt zu, daß der gehörte Akkord nicht eine direkte Leistung der Gesamtwelle sei, sondern diese irgendwo auseinandergelegt werde; nur müssten dann zentral die Erregungen für den normalen Eindruck der Einheit „ineinander greifen". — Indessen sieht man nicht, was das Zerlegen der Welle an der Peripherie nützt, wenn sie im Bewußtsein (zentral) wieder vereinigt sein muß. Auch bleibt dunkel, was das Ineinandergreifen der Erregungen genauer heißt. Positiv ist zu sagen: Der Eindruck der Einheit, den viele beim Akkord haben, schließt nicht Teile aus (Einheit ist nicht notwendig Einfachheit), sondern ist eine verschwommene, noch nicht sondernde Auffassung der Gesamtgestalt, wie sie auch gegenüber Raumfiguren besteht. Wie da nicht statt einer gegliederten Figur ein Einfaches gesehen wird, so auch bei den Zusammenklängen.

2. Die Bedingungen der Tonzerlegung (*Stumpf* § 22 23). Das Heraushören der einzelnen Teiltöne aus dem Gemisch gelingt je nach den Umständen in sehr verschiedener Vollkommenheit. Zu den objektiven Bedingungen gehören:

a) die Tonhöhenverschiedenheit. *Stumpf* bestimmte die Schwelle gleichzeitiger Töne auch für dichotisches Hören, d. h. indem jeder Ton bloß zu einem Ohr geleitet war: Unterhalb der großen Oktave konnten 11 Schwingungen Abstand nicht mehr unterschieden werden, in der großen Oktave etwa 8, in der Gegend des c^2 zwischen

12 bis 20, in der dreigestrichenen Oktave gegen 100. — *Baley* (ZPs 70, 521 ff) fand: Unterhalb der Schwelle ist der Eindruck zunächst einheitlich; darauf wird er unrein, ohne daß zwei Töne gehört werden; dann zwiespältig, so daß nach Belieben höher oder tiefer gehört werden kann; endlich werden beide Töne zusammengehört, aber zunächst nur für kurze Zeit, erst mit wachsender Entfernung dauernd.

b) die absolute und relative Stärke der Bestandteile: Ungleichheit der Stärke erschwert die Zerlegung; der Grenzfall ist die intensive Schwelle. Betreffend die absolute Stärke ist wohl ein mittlerer Grad am günstigsten. — c) die Zahl der Teiltöne: Je größer sie ist, desto leichter erkennt man, daß eine Mehrheit vorhanden ist, wenn nicht der Abstand zu klein ist oder bloße Oktaven vermehrt werden; anderseits ist es desto schwerer, den Wegfall eines Tones zu bemerken. Doch spielt der Verschmelzungsgrad mit: der Wegfall eines dissonanten Tones wird leicht bemerkt, schwerer der eines konsonanten Tones. — d) Von großer Bedeutung ist der Verschmelzungsgrad, den wir noch eingehender behandeln werden. — e) Günstig für das Heraushören eines Teiltones sind dessen Veränderungen, welche die Aufmerksamkeit leicht auf sich ziehen. Bewegtes zieht die Aufmerksamkeit leichter auf sich; auch hält es sie länger fest, gibt ihr mehr zu tun. So wird die menschliche Stimme auch bei mäßiger Stärke aus dem Orchester herausgehört, wenn sie Tonänderungen zeigt. — Zu den subjektiven Bedingungen der Zerlegung gehört:

f) die Aufmerksamkeit und ähnliche allgemeine Bedingungen des Bewußtseins. Die Übung erleichtert die Zerlegung, ebenso die Erwartung, wenn sie sich auf bestimmte Elemente richtet; Ermüdung dagegen erschwert die Zerlegung; Gewöhnung bringt je nachdem bald das Ganze bald einzelne Teile mehr zum Bewußtsein.

Die Aufmerksamkeit kann Bestandteile wirklich verstärken; wenn mehrere schwache Töne zusammenklingen, kann man infolgedessen eine Melodie heraushören. Klingt ein schwacher Ton mit einem starken zusammen, so kann der schwache verstärkt werden, z. B. ein Differenzton; unter mehreren starken dagegen ist die Verstärkung nicht bemerkbar.

Die Ursache der Verstärkung ist wohl ein im sensiblen Nerven zentral erregter Prozeß. Der Wille wird einen direkten Einfluß darauf ausüben können, wie er es ja in Bezug auf die motorischen Nerven kann. Der so bewirkte zentrifugale Prozeß erlangt aber erst seine genauere Bestimmung, indem er von einer zentripetalen Faser unterstützt wird, von andern nicht.

Die Aufmerksamkeit kann sich auch auf mehrere Bestandteile gleichzeitig richten. Nur müssen dafür die Teiltöne als Glieder eines bestimmten Verhältnisses aufgefaßt werden, z. B. eines Dreiklanges. Dabei tritt aber keine Verstärkung aller ein, die immer nur einem Tone zukommen kann. Auch Töne, die gleichzeitig von verschiedenen Ohren gehört werden, lassen sich zugleich oder einzeln beachten. Man versuche z. B. vor jedem Ohr zwei Finger aneinander zu reiben; dann kann man abwechselnd auf das eine Geräusch oder auf beide zugleich achten, wobei die Verstärkung sehr anschaulich ist.

3. Die Eigenschaften des Gesamtakkordes. Aus der Gesamtheit mehrerer Töne bildet sich in jedem Falle eine gewisse Einheit, besonders wenn die einzelnen Elemente als solche nicht unterschieden werden können; aber auch wenn das der Fall ist. Auch die Dissonanz, ja selbst das Geräusch ist eine, wenn auch ungeordnete Gestalt, der wir gewisse Eigenschaften zuerkennen.

Manche Psychologen sprechen deshalb von einer Gestalt, einem Komplex mit seiner spezifischen Qualität. Eigenschaften einzelner Töne, z. B. der Kombinations-

empfindungen, die gewöhnlich nicht gesondert wahrgenommen werden, Rauhigkeit. Breite, Unklarheit, übertragen sich auf den Gesamtkomplex. Die Zuteilung der Schwebungen an einen bestimmten Ton ist ziemlich schwierig. Selbst Intensität und Höhe eines Teiltones wird oft dem Komplex zuerkannt. Auf das Ganze überträgt sich die Klangfarbe, die Helligkeit, das Schrille, Dissonante hoher Obertöne. Insbesondere kann man dem Akkord in gewisser Beziehung eine einheitliche Qualität und Intensität zuschreiben.

Die Gesamtqualität. Wird der Zusammenklang nicht zerlegt, so hat er als Ganzes eine scheinbare Höhe, welche mit dem Hinzutritt von höheren Bestandteilen steigt. Bei Vergleichung von einfachen und zusammengesetzten Klängen erscheint deshalb der einfache Klang leicht tiefer, als er ist. Wird der Zusammenklang zerlegt, so hat er keine eigentliche Höhe; trotzdem ist man geneigt, ihm auch dann noch eine einheitliche Höhe zuzuschreiben. Und zwar scheint das Ganze bei ruhendem Klang die Höhe des tiefsten Tones zu haben, selbst wenn dieser nicht der stärkste ist. Beim Wegfall des tieferen Tones der Oktave hat man den Eindruck, als würde man in ein höheres Stockwerk versetzt; beim Wegfall des höheren dagegen bleibt man auf dem alten Standpunkt. Tritt ein Differenzton auf, so zeigt er sich sofort als Träger des Ganzen; die tieferen Töne scheinen ausgedehnter, breiter. — Bei aufeinanderfolgenden Akkorden macht das Ganze scheinbar die Bewegung derjenigen Stimme, die sich in den größten Schritten bewegt.

Die Gesamtintensität. Ein Tonganzes macht nicht einen stärkeren Eindruck als jeder Teil; es gibt keine Intensität des ganzen Dreiklanges. Werden abwechselnd ganze Töne oder neben ihnen noch ganze Akkorde angegeben, so urteilten Musiker wie Nichtmusiker einstimmig, daß eine eigentliche Verstärkung des Eindruckes nicht stattfinde, sondern der Klang nur reicher, voller werde.

Das erscheint zunächst unglaublich: Ein Orchester klingt doch stärker als ein einfaches Instrument. Die Hinzufügung der Oktave gilt im allgemeinen als Verstärkung. Es würde ja sonst beim Rufen nichts nützen, ob einer oder mehrere zusammen rufen, wenn sie nicht zufällig unisono rufen. — Indessen muß man beim Hinzutreten der Oktave die größere Fülle, Schärfe, Helligkeit, die dann entsteht, unterscheiden von der größeren Stärke, die wir leugnen. Wenn das Rufen mehrerer von Vorteil ist, so mag der Grund dafür sein, daß manche Teiltöne doch zusammenfallen, daß ferner eine günstigere Tonhöhe mehr Wahrscheinlichkeit hat, weiter zu dringen. (Vgl. übrigens das früher über Einheitsbildung Gesagte.)

Die Verschmelzung der Tongemische läßt verschiedene Grade zu. Die Musik unterscheidet von jeher Konsonanz und Dissonanz, worin sicher die Einheitlichkeit eine Rolle spielt. Die Frage ist, was diesen Gegensatz ausmacht. Hier stehen sich, wenn man auf experimentellem Boden bleibt, zwei Hauptrichtungen gegenüber: die *Stumpf*sche Verschmelzungstheorie, welche die Erklärung auf die ursprünglichen Töne selbst zurückführt, und eine andere Richtung, die von *Helmholtz* eröffnet, von *Krüger* teilweise weitergeführt wurde und das Entscheidende in den Eigenschaften von Nebentönen sieht. Beide sollen dargelegt und auf ihren Erklärungswert geprüft werden.

§ 3. Die Tonverschmelzung in engerem Sinne und ihre Bedeutung.

1. Der Begriff der Tonverschmelzung. In einer Septime treten die Teiltöne mehr auseinander als in einer Oktave, so daß auch der Ungeübte weniger in Gefahr kommt, sie für einen Ton zu halten. Dagegen können Oktaven auch von dem feinsten Ohr niemals in demselben Grad auseinandergehalten werden. Der Grund dieses mehr oder weniger Auseinandertretens ist das, was *Stumpf* Verschmelzung nennt. Die Verschmelzung ist also das Verknüpftsein zweier Töne zu einem Ganzen, ihre Einheitlichkeit, die Annäherung des Zweiklanges an den Einklang. Diese Einheitlichkeit ist nicht Einfachheit. Musiker halten die Töne gewöhnlich auseinander, trotzdem bemerken sie den Unterschied in der Einheitlichkeit. Bei Unmusikalischen tritt oft infolge von Verschmelzung Ununterscheidbarkeit ein. Aber diese zufällige Folge ist nicht das Wesen der Verschmelzung. Der Mangel an Verschmelzung begünstigt freilich die Unterscheidung, aber auch andere Bedingungen tun das, wie Aufmerksamkeit usw.

Der so gefaßte Begriff der Verschmelzung stimmt sehr gut mit dem Begriff der Konsonanz im Sinne der Musiker, wobei nicht das angenehme Gefühl, sondern seine Erkenntnisgrundlage gemeint ist. Auch *Mor. Hauptmann* beschreibt den Charakter der Dissonanz als ein Auseinanderklingen. Manche Unmusikalische gaben bei Experimenten an: Einige Töne streben gleichsam auseinander, heben sich besser ab, sind nebeneinander, während andere zusammen sind. Dagegen fanden die Beobachter in der Annehmlichkeit häufig keinen Unterschied.

Nach dieser Feststellung findet Konsonanz — und dasselbe gilt von ihrem Mangel, der Dissonanz — zunächst nur zwischen zwei Tönen statt. In einem Akkord haben die einzelnen Intervalle ihre Verschmelzungsgrade, die oft voneinander verschieden sind.

Kemp unterscheidet neben der eigentlichen Verschmelzung nach den Angaben seiner Beobachter noch das sinnliche Zusammenpassen der Bestandteile: daß manche Töne einander suchen oder aber auseinanderstreben, wie die Septime; ferner das harmonische Zusammenpassen der Töne, das mit ihrem Auflösungsbedürfnis zusammenhängt; weiter die Glätte und Rauheit: eine wenig verstimmte Quint kann sehr rauh sein, ohne daß ihre Verschmelzung erheblich verringert ist. — Die letzteren Eigenschaften kehren im nächsten Paragraphen wieder; die Eigenart des sinnlichen Zusammenpassens, das man nach der Definition wohl mit der Verschmelzung verwechseln möchte, was aber mit *Kemps* Versuchsresultaten nicht stimmt, ist nicht klar. *C. C. Pratt* (AmJPs 32 [1921]) findet bei Versuchen als Hauptkriterien, die benutzt werden: 1) Glätte, d. h. Abwesenheit merklicher Intensitätsschwankungen; danach stehen die weiteren Intervalle günstiger; dann die Annehmlichkeit, die entweder nach der Glätte beurteilt wird, oder 2) mehr nach musikalischem Gebrauch, wobei die Terzen an der Spitze stehen; 3) die Einfachheit im engeren Sinne, wenn die Zerlegung länger dauert, oder ein Teilton den andern in der Klarheit mehr beherrscht, wobei er auf die Stufen *Stumpfs* kommt; 4) das Urteil nach Komplexheit wird teilweise von der Weite des Intervalls mitbestimmt. Bei der Einfachheit sprechen fast alle Beobachter davon, daß die Teile zusammenkleben und gut verschmolzen sind. Er schließt daraus, daß die gleichzeitige Veränderung in der Klarheit mit der wahren Verschmelzung enge zusammenhängt. — Die Wahl der Definition ist übrigens keine Frage von sachlicher Bedeutung, wenn man nur der einmal gewählten treu

bleibt. Wir werden für das Wort Verschmelzung an dem Sprachgebrauch *Stumpfs* festhalten.

Um die Verschmelzungsgrade festzustellen, benutzte *Stumpf* vor allem die eigene subjektive Beobachtung, indem er sich fragte, ob ein Intervall den Eindruck größerer oder kleinerer Einheitlichkeit mache, was nach *Kemp* wohl allein verläßlich ist. Dazu kommen weiter Experimente mit Unmusikalischen nach dem Prinzip: Je größer der Verschmelzungsgrad, desto häufiger werden diese das Urteil geben, es sei nur ein Ton vorhanden. Die relative Zahl der falschen Urteile ist also ein Maß für die Größe der Verschmelzung. Freilich müssen andere Umstände, wie kleinerer Abstand, welche in gleicher Richtung wirken, ausgeschlossen sein. Schließlich finden sich auch in der Kunstübung Anhaltspunkte, z. B. daß überall die Begleitung in Oktaven dem einstimmigen Gesang als gleichwertig gilt, viel weniger die in andern Intervallen.

2. Die Gesetze der Tonverschmelzung, zunächst die Abhängigkeit von der Tonhöhe. Die Harmonielehre unterscheidet als vollkommene Konsonanzen die Oktave, Quint und Quart, als unvollkommene die Terzen und Sexten, während alle übrigen Intervalle dissonant heißen. Experimentell fand *Stumpf* als Gesetz der Reihenfolge der Verschmelzungen fünf deutlich verschiedene Verschmelzungsgrade, nämlich vom stärksten anfangend: 1) die Oktave, 2) die Quint, 3) die Quart, 4) die natürlichen Terzen und Sexten, 5) alle übrigen musikalischen und nichtmusikalischen Intervalle, welche keinen deutlichen Unterschied mehr zeigen. Zu gleichen Resultaten kamen *Külpe, Faist, Meinong* und *Witasek;* nur die „Siebener“ (4 : 7, 5 : 7 usf.) hoben sich ziemlich deutlich von den übrigen Dissonanzen als Übergangsgruppe ab. Eine spezifische Gegenüberstellung von Konsonanz und Dissonanz ergaben diese Versuche nicht.

Mit zunehmender Verschmelzung scheint der Abstand zwischen den Verschmelzungsgruppen zuzunehmen.

Nach *Stumpf* und *Külpe* ist der Verschmelzungsgrad unabhängig von dem Tongebiet.

Über 4000 Schwingungen freilich scheinen die Verschmelzungsgrade alle auf die geringste Stufe zu sinken. Die Angabe *Krügers,* daß es bei den tiefsten Tönen immer mehr zur Dissonanz hinstrebe, trifft aber nicht die Verschmelzung im hier definierten Sinne, sondern den Gesamteindruck des Komplexes mit seiner zunehmenden Rauhigkeit.

Sehr kleine Abweichungen von den Schwingungszahlen des Verhältnisses bewirken keine merkliche Veränderung des Verschmelzungsgrades. Bei größerer Verstimmung dagegen geht der Grad direkt in die niederste Verschmelzungsstufe über, und zwar um so schneller, je größer dort die Verschmelzung ist. Die Ausdrücke „Verstimmung“, „Unreinheit des Intervalles“ gehen also nicht bloß das Gefühl an, sondern auch das wahrgenommene Verhalten der Empfindungen.

Verändert sich der Verschmelzungsgrad eines Intervalls, wenn es um eine Oktav erweitert wird, etwa c-c^2 statt c-c^1? Die gewöhnliche Musiktheorie setzt die Oktavenerweiterung dem unerweiterten Intervall gleich. Gibt ein Orchester die sieben Oktavtöne C bis c^5, so bezeichnet man den Eindruck noch als Unisono, die sieben Töne sind einheitlicher als etwa die zwei Töne c und a. Durch Oktavenerweiterung wird ein konsonantes Intervall nie dissonant.

Stumpf stellt deshalb das Erweiterungsgesetz auf: Das um eine Oktave erweiterte Intervall hat dieselbe Verschmelzung wie das ursprüngliche, also Non wie Sekunde. Allerdings wird *C* und c^4 leichter unterschieden als *C* und *c*, ja sogar leichter als *C* und *G*. Wenn aber Zerlegung stattfindet, zeigt sich, daß *C* und c^4 doch weniger vollkommen auseinandertreten als *C* und *G* und nicht vollkommener als *C* und *c*.

Dieses Gesetz wird von den meisten nicht anerkannt. *Helmholtz* hatte aus seiner Lehre von den Obertönen und Schwebungen gefolgert, daß sich bei der Erweiterung diejenigen Intervalle verbessern, deren Grundzahl gerade ist (z. B. die Quint 2 : 3), diejenigen verschlechtern, deren Grundzahl ungerade ist (die Oktave 1 : 2). *Meinong* und *Witasek* fanden dieses Gesetz fast immer bestätigt. Ähnlich *Külpe, Faist, Titchener*. Nach *Krüger* ist die Regel, daß bei Erweiterung immer mehr der Eindruck der Neutralität auftritt. — *Stumpf* erwidert, es werde dabei die Verschmelzung mit der Nichtunterscheidbarkeit verwechselt. Gewiß sind die erweiterten Intervalle leichter auseinanderzuhalten; das erklärt sich aber aus der zunehmenden Distanz und verlangt nicht Abnahme der Verschmelzung. — Offenbar liegt die ganze Schwierigkeit an der Definition der Verschmelzung, die von den Gegnern in anderem Sinne genommen wird als von *Stumpf*.

3. Abhängigkeit von andern Bedingungen.

Nach *Stumpf* ist der Verschmelzungsgrad unabhängig von der Stärke der Elemente, sowohl von der absoluten als von der relativen. Stimmgabeln behalten während des Ausklingens ihre Verschmelzung unverändert bei. Nur wird bei sehr großer oder sehr kleiner Intensität die Zerlegung schwer sein. Nach *Külpe* nimmt die Verschmelzung zu, wenn einer der Töne schwächer wird; der schwächere werde dann immer mehr zum bloßen Anhängsel des andern. Nach *Stumpf* beweist diese Begründung, daß hier Verschmelzung mit Nichtunterscheidbarkeit verwechselt wurde. Dann wäre ja keine Konsonanz da, wenn wir zwei gleichzeitige Töne noch auseinanderhalten können. In Wirklichkeit ist aber umgekehrt die Verschmelzung nur dann in sich bemerkbar, wenn die verschmelzenden Töne voneinander unterschieden werden können, genau wie wir Ähnlichkeit nicht wahrnehmen können, ohne die ähnlichen Objekte auseinanderzuhalten.

Fast genau dasselbe läßt sich wiederholen von der Abhängigkeit der Verschmelzung von der Zahl der Teiltöne. Nach *Stumpf* wird durch die Hinzufügung eines dritten oder weiteren Tones der Verschmelzungsgrad der zwei ersten nicht verändert, wenn auch die Zerlegung dadurch erschwert wird. *Külpe* widerspricht dem: Beim Zusammenwirken mehrerer Intervalle bilden sich mittlere Verschmelzungsstufen aus, die dissonanten Intervalle werden so gemildert, ästhetisch brauchbarer. Ähnlich *Krüger*. Letztere haben es also mit dem Gesamtkomplex zu tun, nicht mit der definierten Verschmelzung der beiden Töne.

§ 4. Die Komplexqualität des Zusammenhangs.

Manche Forscher fassen unter demselben Namen der Konsonanz oder Dissonanz die aus dem Zusammenwirken aller Teilelemente fließenden Eigenschaften des Komplexes zusammen. Diesen folgend werden wir im gegenwärtigen (!) Paragraphen bei Konsonanz usw. zunächst an die Eigenschaften des Gesamtkomplexes zu denken haben. Wir untersuchen, in welcher Weise die verschiedenen Teilelemente den Gesamteindruck verändern können.

1. Die elementaren Unterschiede. Die Elemente, deren Zusammenwirken beim Akkord in Betracht kommt, sind vor allem die Töne,

welche ihn zusammensetzen; dann deren Obertöne, die Differenztöne usw. Daraus können weiter Schwebungen folgen oder statt einzelner Paare von naheliegenden Tönen ihr Zwischenton.

Helmholtz legte den Obertönen die Hauptrolle bei: Er meinte, durch Ausschalten aller Obertöne könne man die Konsonanz total aufheben, was *Stumpf* widerlegte. Trotzdem ist der Einfluß der Obertöne auf den Charakter des Komplexes damit nicht geleugnet. Nach *Krüger* kommt bei obertonarmen Klängen das Konsonanzbewußtsein der Neutralität näher, bei sehr obertonreichen Klängen der Dissonanz näher als sonst.

Auch zeigt der Aufbau der Obertöne bei gewöhnlichen Klängen kennzeichnende Unterschiede nach dem Grade der Konsonanz der ursprünglichen Töne; mit größerer Konsonanz wird ihre Zahl relativ beschränkter, sie fallen häufiger zusammen, die Punkte des Zusammenfallens treten näher an das Intervall heran; die Ähnlichkeit mit dem Einzelklang nimmt zu.

Nach *Krüger* sind besonders die Schwebungen oder Verstimmungen für die verschiedenen Arten und Grade des Konsonanzbewußtseins entscheidend. Die Schwebungen gehen nämlich bei zunehmender Geschwindigkeit schließlich in Rauhigkeit des Tones über, was den klaren Charakter des Zusammenklangs stören kann. Die Schwebungen desselben verstimmten Intervalls reichen bei allen Höhenlagen ungefähr relativ gleich weit. Nur nach der Tiefe überdecken sich die Schwebungszonen immer mehr. Ferner sind die vollkommensten Konsonanzen durch die merklichsten Schwebungserscheinungen begrenzt.

Die Zwischentöne. Bei zwei sehr naheliegenden Tönen entsteht ein Zwischenton. *Stumpf* fand ihn verschwindend, wenn das Intervall einen halben Ton überschritt. Nach *Krüger* dagegen soll er sich bis zu einer kleinen Terz erstrecken. Mit dem Grad der Konsonanz wächst für die benachbarten Dissonanzen die Zahl, Merklichkeit und Stärke der Zwischentonerscheinungen sowie die Breite des davon beherrschten Intervallgebietes. Diese Zwischentöne sind qualitativ anders als die gewöhnlichen Teiltöne; sie klingen unbestimmt, verworren, unrein. Einige Beobachter beschreiben sie als hohl, trommelartig, andere vergleichen sie mit dem Klange einer zersprungenen Glocke. Diese Qualität des tiefsten Tones überträgt sich nun ebenso wie die der Schwebungen auf die gesamte Klangmasse. *Krüger* betrachtet die Zwischentonbildung, „die Erscheinung der verstimmten Prim", geradezu als das Grunderlebnis der Dissonanz. (Auf das Tatsächliche dieser Erklärungen kommen wir zurück.)

2. Das Zusammentreffen der Elemente für die Komplexqualität. Als Empfindungsgegensatz der Konsonanz und Dissonanz ergibt sich der Charakter der Klarheit, Einfachheit oder im Gegenteil der Verworrenheit, Zwiespältigkeit. Die Teiltöne des Komplexes sind bei Konsonanzen gleichartiger, besonders der tiefste Ton ist den übrigen Tönen ähnlicher. Alle Teiltöne erscheinen klar, bestimmt. Die Dissonanzen dagegen enthalten mindestens an einer Stelle eine verschwommene, zwiespältige, dazu rauhe oder schwebende Masse, was sich aus den Schwebungen und Zwischentönen begreift. Zu dieser nachbarlichen Ungestörtheit der Konsonanz kommt als unterstützendes Element der Eindruck der reichen Fülle. Klänge sind uns lieber als einfache Töne. Der Dreiklang unterscheidet sich vor Oktaven durch größere Mannigfaltigkeit bei doch erhaltener Einheitlichkeit.

Sind konsonierende und dissonierende Merkmale gleichzeitig nebeneinander vertreten, so kann sich daraus ein Gleichgewicht, ein Neutralitätscharakter entwickeln.

Jede Konsonanz kann durch Vertiefung in einen sinnlich dissonierenden Gesamteindruck verwandelt werden; nur ist sie manchmal assoziativ so stark gestützt, daß der Konsonanzeindruck vielleicht bis an die Grenzen das Übergewicht behält. *Kemp* findet, daß der Konsonanzeindruck bei Zweiklängen von starker Verschmelzung stärker ist als bei Dreiklängen. Dagegen waren Zweiklänge niederer Verschmelzung weniger einheitlich als Dreiklänge höherer Verschmelzung. Vergleicht man Akkorde untereinander, so sind nach *Pear* Dreiklänge stärker konsonierend als ihre Umkehrung, wenn das tiefere Intervall größer ist; dasselbe bestätigten *Külpe* und *Kemp*. Damit hängt auch zusammen, daß der Durdreiklang stärker verschmilzt als der Molldreiklang.

3. Die Erfahrung. Die Intervalle bekommen mit der Erfahrung eine besondere Bedeutung. So zeigt die Konsonanz durch die lückenlose Reihe ihrer Differenztöne eine Ähnlichkeit mit dem Einzelklang, während bei Dissonanzen die Reihe lückenhaft ist. Diese gemeinsame Eigenschaft wird also den Gesamteindruck der Konsonanz noch mehr absondern. Sie erscheint mehr als ein Ton von der Höhe des Grundtones und deshalb wieder einheitlicher. — Die Konsonanzen besitzen eine relative Bekanntheit; sie kommen in der Musik wegen ihrer Annehmlichkeit häufiger vor, um so mehr, je vollkommener sie sind. Die Oktave ist die häufigste Konsonanz, sie fehlt in keinem Musiksystem, unterscheidet sich am wenigsten vom Einklang. Die Dissonanzen dagegen enthalten ein buntes Nebeneinander von Tonverhältnissen, sind meist recht ungewöhnlich. Die Schwebungen geben ihnen etwas Verschwommenes.

Die Dissonanzen werden ferner häufig auf eine benachbarte Konsonanz bezogen, als deren Verstimmung aufgefaßt. Gesungene Töne werden oft schleifend miteinander verbunden; der Weg geht dabei immer von einer Dissonanz zur nächsten Konsonanz. Auf diese Weise wird die Assoziation verstärkt. Gerade deswegen wird der Unterschied von Konsonanz und Dissonanz als Gegensatz aufgefaßt, was nicht an der reinen Empfindung liegt, sondern an der Erfahrung.

4. Die Gefühlswirkungen. Ein konsonanter Zusammenklang wirkt schon allein betrachtet angenehmer als ein dissonanter. *Krüger* wies das an zahlreichen Beobachtern nach, wo nur ein paar stark Unmusikalische zweifelhaft blieben. Diese Annehmlichkeit bleibt bei einer sehr kleinen Abweichung von der Konsonanz (bis vier Schwebungen etwa) bestehen, ja sie wächst dann noch gegenüber der sonstigen Einförmigkeit. Mit steigender Verstimmung werden ferner alle Dissonanzen unangenehmer bis zu einem Höchstwert, der etwa in der Mitte des zugehörigen Schwebungs- und Zwischentonbereiches liegt. Die raschen Schwebungen machen hier den Eindruck des Schnarrens.

Die Schwebungen wirken unangenehm, angreifend für das Ohr, ähnlich wie flackerndes Licht auf das Auge. Für die Wirkung schnellerer Schwebungen zieht *Stumpf* die Miterregung höchster Töne und Geräusche heran. Dazu kommen Tastempfindungen im Ohr, am stärksten bei den unangenehmsten Dissonanzen. *Krüger* betont die Mitwirkung der Zwischentonverschmelzung. Hierin liegt nach ihm das unbekannte Empfindungselement, welches die Dissonanz von der bloßen Rauhigkeit unterscheidet und das die *Helmholtz*sche Theorie vernachlässigt hatte.

Bei genauerem Vergleich des sinnlichen Wohlklanges findet *Kemp* für die Zweiklänge diese Reihe: An der Spitze steht die große Terz und etwa die große Sext; dann Quint, dann Quart; darauf kleine Terz und kleine Sext usw. *Kaestner* (PsSd 4, 473 ff.) fand, daß die große Terz höchste Annehmlichkeit zeigt; von da nimmt die Annehmlichkeit zu den Intervallen größerer Verwandtschaft wenig, zu denen kleinerer immer mehr ab. Am unangenehmsten erschienen die kleine Sekunde und große Septime. Die Mitte zwischen der kleinen und großen Terz gehört zu den angenehmsten Zweiklängen. Die Schwebungen erwiesen sich als Ursache der Unlust.

Die Wirkung der subjektiven Stimmung zeigte ein Beobachter, der für modernste Musik schwärmte, der die Terzen vernachlässigte und die Septimen vorzog. Beim Vergleich von Zwei- und Dreiklängen fand *Kemp:* Wohlklingende Akkorde standen über den Zweiklängen; der Durakkord übertraf deutlich den Mollakkord an Wohlklang. Tritt zu einem schlecht klingenden Intervall eines von höherem Wohlklang, so wird das Ganze wohlklingender. —

Die angeführten Bedingungen erklären es, daß in der Gesamtwirkung ein ganz allmählicher Übergang von der vollkommensten Konsonanz durch die Zone der Neutralität hindurch zur stärksten Dissonanz geht. Die Neutralität läßt sich auch erreichen durch Verkürzung der Klangdauer, Herabsetzung der Klangstärke, Verschiebung des Intervalles nach der Grenze der Tonhöhe. Wenn einige Forscher verschiedene Arten der Tonverschmelzung annehmen, sprechen sie von dieser Komplexqualität.

§ 5. Die letzte Erklärung der Konsonanz.

Die Frage nach dem letzten erkennbaren Grund des Unterschiedes von Konsonanz und Dissonanz ist alt und hat viele Antworten gefunden.

1. Die älteste Erklärung knüpft an die Tatsache, daß die konsonanten Intervalle einfache Verhältnisse der Schwingungszahlen besitzen. Die Lust daran sei die Freude an einem übersichtlichen Verhältnis. So besonders *Leibniz* und *Euler,* welche sich auf unbewußte Zählungen berufen. — Natürlich wäre das eine Erklärung durch völlig Unbekanntes; wie dieses unbewußte Zählen zustande kommen soll, kann man sich nicht denken, noch weniger, wie es uns Vergnügen bereiten soll, da es das bewußte Zählen unter gleichen Umständen nicht tut.

Lipps gab der Theorie eine etwas andere Wendung, indem er bloß eine Wahrnehmung der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der Rhythmen forderte. Zwei Takte lassen sich gleichzeitig mit beiden Händen ausführen, wenn der eine ein Vielfaches des andern ist; ferner wenn sie zwar verschieden sind, aber ein durch kleine Zahlen ausdrückbares Verhältnis haben, wie 2 : 3, dessen Ausführung wegen der etwas größeren Mannigfaltigkeit, die doch noch leicht überwunden werden kann, großes Vergnügen gewährt. — Aber es ist nicht klar, warum ein unbewußter Rhythmus angenehm berühren müsse. Bei bewußtem Rhythmus erscheinen fünf neben sechs Taktschlägen (kleine Terz) schon völlig unregelmäßig. Wie sollte da gar der Durakkord mit seinen Differenz- und Obertönen konsonant erscheinen? In bewußter Rhythmik wäre das ein reines Durcheinander (*Krüger*).

2. Andere betrachten als die eigentliche Ursache der Konsonanz das Gefühl. Es wäre etwa an Quint oder Oktave unmittelbar mehr oder weniger große Lust gebunden, wie an manche Empfindung, ohne daß eine weitere Erklärung des Zusammenhanges gegeben werden könnte. So gab ein Unmusikalischer bei der Frage nach einem oder zwei Tönen, wenn ein Intervall geboten war, an, er höre immer nur einen Ton, aber wisse trotzdem, daß es zwei seien, weil ihm der Eindruck dann unangenehm erscheine. Vermutlich lag es da so, daß der Einzelklang ihm eine klare Tonhöhe zu haben schien, der Zusammenklang nicht, gewissermaßen wie eine schmutzige Farbe erschien. In der Tat findet man auch bei vielen Naturvölkern, daß ihnen Zusammenklänge widerlich erscheinen. —

Aber die Reihe des sinnlichen Wohlgefallens ist, wie wir sahen, verschieden von der der Verschmelzungen. Im Altertum galt die Oktave als das angenehmste Intervall, im Mittelalter die Quint, heute wohl die Terz. Die Verschmelzungsverhältnisse sind dagegen unverändert geblieben.

Wenn man als Eigenschaft der Dissonanz das Auflösungsbedürfnis hingestellt hat, so gehört das in ein höheres Gebiet, wo die Auffassung und der Zusammenhang der Akkorde eine Rolle spielt.

3. Großen Anklang fand lange die *Helmholtz*sche Definition mit Hilfe der Schwebungen. Konsonanz ist danach eine gleichmäßig angehaltene, Dissonanz eine unterbrochene Tonempfindung. Die Dissonanz ist umgekehrt proportional dem Grade der Rauhigkeit, der wieder auf den Schwebungen beruht. Wie ein flackerndes Licht unangenehm ist, so auch Schwebungen. Zuzugeben ist (§ 4), daß für den Wohlklang und überhaupt den Eindruck des ganzen Komplexes die Obertöne eine nicht unbedeutende Rolle spielen. Aber als eigentliche Erklärung der musikalischen Konsonanz hat sich die Theorie in der Musik keine Anerkennung erringen können, da sie den Tatsachen vielfach widerspricht. So kann man bei zwei konsonierenden Tönen künstliche Unterbrechungen in beliebiger Schnelligkeit herstellen, ohne daß deshalb Dissonanz entsteht. Es lassen sich ferner, wie *Stumpf* nachwies, Intervalle, ja Mehrklänge bilden, bei denen keine Rauhigkeit zu bemerken ist, die schwebungsfreier sind als der konsonanteste Akkord und zugleich doch dissonanter als der dissonanteste Akkord.

Ferner: In der gleichen Oktave ist die Rauhigkeit des gleichen Intervalles sehr verschieden nach der Klangfarbe des Instrumentes, während der Konsonanzgrad davon unabhängig ist. *Helmholtz* hatte das freilich in Frage gestellt. Nach ihm wird auch die herbste Dissonanz bei einfachen Tönen weich und wohlklingend; ein Intervall zwischen großer und kleiner Terz liegend sei ebenso konsonant wie diese. Indessen zeigte *Stumpf*, daß diese Dissonanz wohl ihre Rauhigkeit verloren hat. Dagegen ist von einer Verwechslung mit dem konsonanten Intervall keine Rede. Auch spricht *Helmholtz* selbst dabei vom Gefühlswert, der hier nicht in Frage kommt.

Wir leugnen nicht, daß für die Annehmlichkeit des Zusammenklangs die Schwebungen von Einfluß sind. Der Durakkord kann in tiefer Lage geradezu unangenehm erscheinen, ohne deshalb aufzuhören, musikalisch als konsonant zu gelten. Die Annehmlichkeit fällt aber mit der Konsonanz nicht zusammen. Besonders anstößig erschien an der Theorie mit Recht, daß das positive Lustgefühl am reinen Dreiklang so durch eine reine Negation, den Mangel an Schwebungen, erklärt werden sollte.

4. Eine Weiterbildung hat die Theorie durch *Krüger* erfahren, der aber den Hauptnachdruck auf die Differenztöne verlegt. Diese begleiten nämlich nach seinen Versuchen die Mehrklänge regelmäßig, und zwar genau entsprechend dem Konsonanzgrad. Auch ziehen sie durch Stärke und tiefe Lage die Aufmerksamkeit weit mehr auf sich als die Obertöne. Die Hauptpunkte dieser Theorie (§ 4) sind:

Alle Dissonanzen enthalten mindestens einen verstimmten Einklang und daher Schwebungen und Zwischentöne, worin etwas Unerfreuliches liegt. Oft wird der Zwischenton als solcher nicht erkannt, wohl aber sein verschwommener oder zwiespältiger Charakter. Diese Erscheinungen der Rauhigkeit und nachbarlichen Störung sind am ausgeprägtesten bei den stärksten Dissonanzen. Die Konsonanzen dagegen haben keine Differenztonschwebungen; dadurch haben sie absolut und relativ den positiven Charakter der Sauberkeit, Glätte, Einfachheit, Klarheit. Bei jedem konsonanten Intervall fallen mindestens zwei Differenztöne zusammen, so daß deren Zahl dort kleiner ist, und zwar nach dem Grade der Konsonanz: Die Oktave hat keinen Differenzton, die Quint einen usw. Der tiefste Differenzton ist bei ihnen immer verstärkt durch das Zusammenfallen von zwei oder mehr

Teiltönen. Das erinnert an den Einzelklang und verstärkt so den Eindruck der Einheitlichkeit. Dazu kommen die Erfahrungswirkungen, welche wir bereits kennen lernten.

Auch *Stumpf* erkennt die Bedeutung der vorgebrachten Gründe für den Gefühlseindruck des Gesamtkomplexes an. Die schwebungsfreien Differenztöne erhöhen sicher die wohltuende Wirkung reiner Konsonanzen. Es treten so nämlich immer vollkommenere Konsonanzen hinzu. Aber das setzt voraus, daß die einheitliche Wirkung der Konsonanz überhaupt schon gegeben ist.

Dagegen wendet *Stumpf* vor allem ein: a) Daß der behauptete eindeutige Zusammenhang zwischen den nachbarlichen Störungen durch Differenztöne und Dissonanzen nicht besteht. Er stellte eine Reihe Intervalle auf, wie 8 : 11, 10 : 17 usw., welche in solcher Tonhöhe geboten werden können, daß die Differenztöne keine erhebliche Störung geben und die doch nach allgemeinem Urteil starke Dissonanzen sind.

b) Entscheidender ist noch, daß nach der Nachprüfung *Stumpfs* die tatsächlichen Grundlagen der Differenztonlehre unrichtig sind. Es sind nicht überall fünf Differenztöne anzunehmen, sondern bei Intervallen von der kleinen Terz an bis zur Oktave immer nur zwei, jenseits der Oktave nur einer. Es gibt keine Zwischentonbildungen unter den Differenztönen, keine Ablenkung der Differenztöne aus der berechneten Tonhöhe, keine Schwebungen verstimmter Intervalle, bei denen höhere Differenztöne im Spiele sein müßten.

c) Warum man bei gewissen Tönen von einer Einheitlichkeit reden kann, bei andern nicht, ist nicht erklärt. Der Hinweis auf die kleinere Zahl Differenztöne, die Verstärkung des tiefsten usw., genügt nicht. Denn Vermehrung von Teiltönen als solche ist nicht gegen die Konsonanz: Wird eine Oktave viele Male verdoppelt, so hört sie nicht auf, höchst konsonant zu sein. Gewiß verändern Differenztöne die Konsonanz des Komplexes, aber nicht weil sie weitere Töne sind, sondern weil diese Töne zu den vorhandenen konsonant oder dissonant sind. *Krüger* kann diesen Grund nicht vorbringen, weil nach ihm alle Tonverhältnisse für sich neutral sind.

5. Auch eine zweite Erklärung der Konsonanz stammt von *Helmholtz*, aus den Obertönen. Es ist die Klangverwandtschaft. Konsonanz ist danach die durch gemeinsame Obertöne gegebene Ähnlichkeit der Töne, Dissonanz ihr Mangel. Je mehr Teiltöne gemeinsam sind, desto größer ist die Verwandtschaft. Daraus ergeben sich die Unterschiede zwischen Oktave, Quint, Quart, Terz usw., kurz dieselbe Reihenfolge, die wir auch fanden. Diese Verwandtschaft verlangt nicht bewußte Zerlegung, sondern wird als Ähnlichkeit unmittelbar erfaßt, wie man auch die Ähnlichkeit von Gesichtern erkennt, ohne die gemeinsamen Züge klar heraussondern zu können. Diese Klangverwandtschaft ist an die Aufeinanderfolge der Töne gebunden; sie tritt dann unmittelbar auf, indem einige Partialtöne fortdauern. Im einzelnen Akkord ist sie nicht direkt zu bemerken; denn daß ein gewisser Oberton zwei gleichzeitig gehörten Tönen gemeinsam ist, kann man ihm nicht anhören. Man müßte also sagen, das Intervall klinge konsonant, weil die vorher einzeln gehörten Töne ähnlich klangen. Das stimmt sicher nicht mit dem unmittelbaren sinnlichen Eindruck.

Weitere Gegengründe (*Stumpf*): Das Kriterium versagt völlig für einfache Töne, welche doch auch verschmelzen. Man beruft sich dagegen auf die Erinnerung,

welche das bei den einfachen Tönen Fehlende ersetze. Aber die Erinnerung an fehlende Obertöne, mit dem Bewußtsein, daß sie nicht da sind, sollte gerade das Fehlen der Konsonanz empfindlich machen. So wird eine Speise, die gesalzen gut schmeckt, wenn einmal das Salz fehlt, nicht durch die Erinnerung gesalzen und angenehm erscheinen.

Ferner, es gibt harmonische und unharmonische Obertöne. Also ist eine Erklärung notwendig, welche nicht in der beiden gemeinsamen Eigenschaft der Obertöne selbst liegt.

Weiter ist nicht zu sehen, warum das Enthaltensein des *c* in *C* Grund einer Konsonanz sein soll. Das heißt ja nichts anderes als: Beständig kommen beide Töne zugleich vor. Die Gemeinsamkeit der Obertöne mag eine gewisse Ähnlichkeit der ganzen Klänge hervorrufen, aber nicht die Verschmelzung der einzelnen Teiltöne untereinander.

Wundt unterscheidet neben dieser direkten Klangverwandtschaft, die im Besitz gleicher Obertöne besteht, noch eine andere, indirekte Klangverwandtschaft, nämlich zwischen zwei Tönen, welche selbst Obertöne desselben Grundtones sind. Ihre Grade werden in ähnlicher Weise an der Nähe und Zahl der gemeinsamen Grundtöne gemessen. Die indirekte Klangverwandtschaft der Intervalle ordnet sich, wie man zeigen kann, nach derselben Reihenfolge wie die direkte. Wenn alle Obertöne da sind, sind zwei Töne immer direkt und indirekt gleich nahe verwandt.

Im Gegensatz zur direkten tritt die indirekte Klangverwandtschaft nicht bei der Aufeinanderfolge der Töne hervor, sondern im Zusammenklang selbst, indem der Grundton als Differenzton wirklich empfunden wird. So wird bei der Quint eine größere Klangeinheit hergestellt; zu 2 : 3 tritt noch 1, also der Anfang des ganzen Klanges. Bei andern Intervallen wirkt die Verwandtschaft immer schwächer.

Aber auch diese Art Klangverwandtschaft erklärt den gesuchten Grund der Konsonanz nicht. Wenn *c* und *g* den Kombinationston *C* hervorrufen, so ist das an und für sich ein bloßes Nebeneinander von drei Tönen, noch keine Klangeinheit. Das Grundphänomen der Konsonanz zweier einfacher Töne muß immer schon vorausgesetzt werden. Auch scheinen die Stufen der indirekten Klangverwandtschaft mehr intellektuelle Beziehungen, die höchstens für die höhere musikalische Auffassung in Frage kommen. als Beziehungen der Empfindung.

6. Zur Erklärung der Konsonanz wird man auf die Eigenart der Töne selbst zurückgehen müssen. Einige Forscher denken hier an eine unmittelbare Ähnlichkeit der konsonierenden Tonqualitäten, die eine verschiedene Größe haben könne.

So *Ebbinghaus:* Dasjenige ist ähnlich zu nennen, was leicht miteinander verwechselt wird, wenn es getrennt gegeben ist, oder nicht leicht unterschieden werden kann, wenn es zusammen vorliegt. Man muß also eine neue Grundeigenschaft der Töne annehmen, neben der Ähnlichkeit der Tonhöhen noch eine Ähnlichkeit in anderer Beziehung, etwa den Toncharakter. — Freilich ist es schwer, von dieser neuen Eigenschaft des Tones, auf deren Ähnlichkeit der Eindruck des Zusammenstimmens beruhen soll. sich eine Vorstellung zu machen. Bei Oktaven liegt das wohl noch nahe; bei andern Intervallen dagegen ist nichts davon zu bemerken. — *Watt* sieht die Verschmelzung in der Symmetrie der Umrißlinien des Tonvolumens des tieferen Tones. Indessen ist weder die Umrißlinie noch ihre Symmetrie je beobachtet worden.

Stumpf betrachtet deshalb die Verschmelzung als eine ursprüngliche Tatsache, von der nur noch eine physiologische Ursache gesucht werden kann. Bei gleichzeitigem Erklingen zweier konsonanter Töne finden Prozesse statt, die in einer engeren Verknüpfung miteinander stehen, als wenn weniger einfache Schwingungsverhältnisse vorliegen, und deshalb wird mit den beiden Tonempfindungen dieser bestimmte Verschmelzungsgrad miterzeugt. — Einstweilen wird man nicht viel mehr sagen können. Immerhin hat man den Eindruck, es müsse die psychologische Wirkung der Verschmelzung, das Zusammenpassen noch schärfer beschrieben werden können, wie es etwa *Pratt* versucht, mit der gleichzeitig veränderten Klarheit beider Töne oder sonstwie.

§ 6. Anwendung der Verschmelzungserklärung auf die Musiktheorie.

1. Die Konsonanz aufeinanderfolgender Töne. Auch bei aufeinanderfolgenden Tönen spricht man von Konsonanz und Dissonanz. Sie läßt sich aus der Verschmelzung gleichzeitiger Töne völlig erklären. Denn die Verschmelzung besteht auch bei vorgestellten Tönen: Vorgestellte Oktaven machen denselben Eindruck der Einheitlichkeit wie beim wirklichen Hören; nur deshalb ist Komponieren ohne Instrumente möglich. Ferner bleibt jeder Empfindungsinhalt noch eine Zeit lang als Vorstellung im Bewußtsein; sonst könnte ja eine Melodie nicht aufgefaßt werden. Aus beidem folgt, daß auch bei bloßer Folge von Tönen eine Verschmelzung stattfinden kann.

Auf dasselbe weist der Mangel an konsonanten Intervallen in manchen Musiksystemen hin. *Abraham* und *v. Hornbostel* finden die Musik der Japaner einstimmig und harmonielos. Alle Anzeichen des Harmoniegefühles, Tonika, Leitton usw., fehlen darin. Die Harmonie spielt bei ihnen keine Rolle. Dabei fehlte den einzelnen nicht etwa das Konsonanzgefühl überhaupt. Der Durakkord erschien den Siamesen entschieden angenehm, die Dissonanzen unangenehm. Also für Zusammenklänge ausgeprägter Konsonanz oder Dissonanz besteht ein unmittelbares gefühlsmäßiges Bewußtsein, auch unabhängig von der Erfahrung. Dagegen ist bei Tonfolgen davon keine Rede. Auch wird die Dissonanz bei Tonfolgen gewöhnlich ganz anders verstanden. Angenehm erscheinen da ganze Tonschritte, oft halbe Töne. Sicher faßt niemand eine Tonleiter als eine Folge von Dissonanzen auf (*Krüger*).

Für die Aufstellung der zum Gesang gebrauchten Töne in eine Höhenordnung (die Tonleiter) denkt *Stumpf* verschiedene Prinzipien angewandt. Bei erstrebter Einstimmigkeit entsteht die Oktave von selbst, wenn Männer mit Frauen oder Kindern zusammensingen. Deshalb fehlt sie in keinem bekannten Musiksystem. Etwas Ähnliches kann man sich denken in Betreff der Quint, aber schwerlich für Terz usw. Für andere Töne mag das Verschmelzungsprinzip maßgebend gewesen sein. Dasselbe verlangt ja nur, daß zur Entdeckung und Auswahl der Intervalle, die in der Melodie gebraucht werden, die Gleichzeitigkeit der Töne die Veranlassung war. Nach *Révész* wird bei der Oktave die Gleichheit der Qualität das Entscheidende sein.

2. Die musikalischen Konsonanzen und Dissonanzen.

Das Intervall. (*Krüger:*) Das Wiedererkennen eines Intervalles ist nicht begreiflich ohne eine besondere bewußte Qualität des Tonkomplexes,

eine Art Gestalt. Auch dissonante Tonschritte erkennen wir in beliebiger Transposition wieder, selbst in der exotischen Musik, in der ganz andere Tonschritte vorkommen.

C. v. Maltzew (ZPs 64 [1913] 161 ff.): Beim Benennen von Intervallen sehr hoher Oktaven (4- und 5-gestrichene Oktave) zeigten sich immer mehr Fehler: teils Konsonanzfehler, d. h. Verwechslung der verwandten (Quart mit Oktave), teils Distanzfehler, d. h. Verwechslung mit benachbarten; Konsonanzen und enge Intervalle waren für das Erkennen am besten gestellt. Danach läßt sich das Intervallurteil nicht allgemein auf Verschmelzung zurückführen; da bliebe unverständlich, daß absteigende Intervalle schwieriger zu erkennen waren. Ebensowenig ist die Distanz das Kriterium. Neben dem eben angeführten Grunde gilt noch, daß die auf Distanz begründeten Urteile besonders unsicher waren. Man muß vielmehr annehmen, daß wir das unmittelbare Erlebnis des Schrittes, des Überganges haben. Diese Übergangserlebnisse sind Individuen mit verwandtschaftlichen Beziehungen untereinander, so zwischen den Terzen und Sexten, den Terzen untereinander, ebenso den Septimen usw. Aus dieser Annahme erklären sich die Fehler. Wenn man von Unmusikalischen Intervalle nachsingen ließ, machte das Nachsingen einzelner Töne nie Schwierigkeiten, ebenso nicht die gewohnten Intervalle, wohl aber die ungewohnten; Tritonus, große Septime wurden regelmäßig durch leichtere ersetzt. Trotzdem kann man nicht sagen, daß Intervallurteil und Konsonanz voneinander ganz unabhängig seien. Eine Oktave, Quint, Terz erkennt man leichter als dissonante Intervalle. Während unser gegenwärtiges Tonsystem sicher auf Grund harmonischer Erfahrungen entstanden ist, spielt bei manchen fremden Systemen die Harmonie keine Rolle. Dementsprechend ist aber auch die Intonation sehr schwankend.

Eine Tonverwandtschaft läßt sich nach der Verschmelzungslehre auch zwischen einfachen Tönen aufstellen. Nach *Stumpf* kann man direkt (im ersten Grade) verwandt zwei Töne nennen, die miteinander konsonieren; indirekt (im zweiten Grade) verwandt solche Töne, die mit demselben dritten Tone konsonieren, z. B. *c* und *d* durch *g*. Verwandtschaftsarten sind die Quint-, Terz- und Quintterzverwandtschaft, wovon die Quintverwandtschaft die stärkste ist. Durch die Verwandtschaft wird eine kleine Zahl fester Stufen ausgeschieden, die allein musikalisch brauchbar sind. So entstehen die Tonleitern. Alle Tonverhältnisse, deren Verwandtschaft nicht vom Ohr erkennbar ist, gelten als Verstimmungen, als unreine Intervalle. So grenzt sich das Gebiet der musikalischen Intervalle von allen andern ab.

Der in der Musik angenommene spezifische Unterschied zwischen Konsonanz und Dissonanz erklärt sich daraus, daß wir uns gewöhnt haben, die Verwandtschaft bei den höheren Verschmelzungsgraden direkt zu erfassen, bei den Intervallen der niedersten Stufe dagegen indirekt. Dazu kommt weiter der Gefühlsunterschied.

3. Was die Verschmelzungstheorie nicht erklärt. Schon *Stumpf* machte darauf aufmerksam: Im Mollakkord *c-es-g* haben wir dieselben Verschmelzungsstufen wie im Durakkord *c-e-g*, nur die Terzen in verschiedener Anordnung. Man sieht nicht, worauf der grundlegende Gegensatz beider beruhen soll. — Ebensowenig ist begreiflich, daß der Durdreiklang uns als der süßeste sinnliche Wohllaut erscheint. Nach bloßen Verschmelzungsprinzipien wäre ja *c-e-g* eine unvollkommenere Konsonanz als *c-g* und dieses unvollkommener als c-c^1, während musikalisch das Gegenteil zu sagen ist. Woher kommt überhaupt das Bedürfnis nach der Terz in einem befriedigenden Schlußakkord?

Stumpf gibt zu, daß der Musiker gegenwärtig in Dreiklängen denke und je nach der Auffassung eines Zweiklanges einen andern Gefühlscharakter wahrnimmt. Auch findet er es selbst bedeutsam, daß Männer wie *Zarlino, Tartini, Rameau, Hauptmann,* die sowohl scharfsinnigste Theoretiker waren als auch mitten im praktischen Musikleben ihrer Zeit standen, dem „Dualismus" günstig waren. Diese Lehre des Dualismus behauptet nämlich die Gleichberechtigung des Dur- und Molldreiklanges als grundlegender Gebilde unsrer Musik. Er stellt der akustischen Konsonanz einfacher Intervalle die höhere musikalische der Akkorde gegenüber. Der Grundgedanke dieser Lehre geht auf die genannten älteren Musiktheoretiker zurück. Vollständig durchgebildet wurde sie durch *A. v. Öttingen,* unmittelbar nach dem klassischen Werk von *Helmholtz.*

§ 7. Die musikalische Konsonanz.

1. Der Gegensatz von akustischer und musikalischer Konsonanz. Unter akustischer Konsonanz verstehen wir das, was auf Grund der Verschmelzungslehre konsonant genannt wird. Sie gilt zunächst von zwei Tönen, kann durch Erweiterung auf einen Akkord übertragen werden. Es ist ein rein sinnliches Phänomen, welches sich unmittelbar an die Existenz des Zusammenklanges knüpft, ohne Rücksicht auf dessen Stellung zu andern. Akustische Dissonanz ist das Fehlen dieser Konsonanz, also die niederste Verschmelzungsstufe.

Darüber hinaus kommen wir zum Gegensatz der musikalischen Konsonanz und Dissonanz (*Stumpf* nennt sie jetzt Konkordanz und Diskordanz), einer Eigenschaft der Drei- oder Mehrklänge. Die musikalische Konsonanz, die allen Moll- und Durdreiklängen zukommen kann, bedeutet eine besondere Art Einheit eines Tongebildes, welche jede Zweideutigkeit ausschließt. Musikalische Dissonanz im Gegenteil hat jeder Akkord, der diesen Charakter der vollendeten Einheit nicht besitzt, sondern mehrere Einheiten verbindet, weshalb man sie auch Bissonanz nennen könnte (*v. Öttingen*). Die musikalische Konsonanz ist keine Sache der direkten sinnlichen Erfahrung, sondern der Auffassung und des beziehenden Denkens (*Stumpf*). Auch ein Dreiklang kann einmal als Konsonanz, ein andermal als Dissonanz aufgefaßt werden. So wird im Quartsextakkord, einer Umkehrung des Dreiklanges, leicht der tiefste Ton als Grundton, Quart und Sext als harmoniefremde Töne aufgefaßt, die nach der Auflösung in Terz und Quint streben: die Auffassungsdissonanz. Noch viel eher kann ein Zweiklang als Teil bald eines konsonanten, bald eines dissonanten Akkordes aufgefaßt werden.

Die Arten der musikalischen Konsonanz. (*Stumpf:*) Unser Musiksystem ist nicht das einzig mögliche; es gibt neben ihm reiche Melodik und Rhythmik, dagegen nicht Harmonie. Unser harmonisches System ist vom Dreiklang in seinen beiden Formen, Dur und Moll, beherrscht.

Der Durdreiklang c-$\bar{e}$-g wurde von jeher durch die Bezeichnung des tiefsten Tones als C-Klang anerkannt. C ist der darin herrschende Ton. *v. Öttingen* nennt den Klang „c-tonisch" und bezeichnet ihn durch das Symbol c^+. In seinen Obertönen herrscht keine Übereinstimmung, sondern eher eine gegenseitige Störung, womit eine gewisse Rauhigkeit dieses Akkordes zusammenhängt. Dagegen stimmen die Kombinationstöne sehr

schön miteinander überein. Wenn die Zahlen 4 5 6 die Verhältniszahlen der Akkordtöne sind, so wird der Kombinationston 1 zweimal, der Ton 2 einmal hervorgerufen. So wird der Grundton des Akkordes *c* durch zwei Oktavenverdoppelungen stark betont:

1 2	4 5 6
Differenztöne.	Akkordtöne.

Auf ein ähnliches Ergebnis führt die Betrachtung der indirekten Klangverwandtschaft im Sinne *Wundts,* indem unter den Untertönen des Akkordes der Ton 2 zweimal, der Ton 1 dreimal vorkommt.

Der Molldreiklang *c-es-g* bildet ebenso eine eigenartige Einheit. Früher betrachtete man auch in ihm den tiefsten Ton als Hauptton. *Helmholtz* vermag ihn deshalb nur als getrübten Wohlklang aufzufassen. *Hauptmann* und *v. Öttingen* betrachten dagegen die Quint als seinen herrschenden Ton. Letzerer nennt den *c*-Molldreiklang „g-phonisch“ und bezeichnet ihn mit dem Symbol g^0. Hier findet sich keine Übereinstimmung in den Untertönen, dagegen in den Obertönen, von denen das Entsprechende gilt wie vorher von den Untertönen; die Oktave von *g* wird von zwei Tönen gegeben, die Doppeloktave von allen drei. Die gemeinsamen Obertöne liegen gerade soweit über dem Akkord, wie die gemeinsamen Untertöne unter dem Durakkord.

Das führt die dualistische Lehre zum Satz: Der tonische Akkord ist von der Tiefe in die Höhe (von unten nach oben), der phonische von der Höhe nach der Tiefe (von oben nach unten) gebildet. *c* hat eine große Terz und eine Quint nach oben, *g* beides nach unten.

2. Der Ausbau des musikalischen Systems nach dualistischer Lehre. Da die musikalische Dissonanz aus Teilen nahe verwandter Akkorde besteht, welche eine Mehrheit ausmachen, so drängt sie zur Auflösung. Die Auflösung ist der Fortschritt zu einem neuen konsonanten Akkord, der zu beiden Bestandteilen der Dissonanz nahe verwandt ist. So hat die Terz des Dominantdreiklanges (in *c*-Dur: *h*) die Neigung, in die nahe Tonika (*c*) überzugehen; sie heißt Leitton zur Tonika. Noch stärker ist diese Neigung beim Dominantseptimakkord, wo schon die dissonante Septime zur Auflösung drängt, weshalb die Verbindung der Akkordfolge und ihre Schlußkraft um so größer wird. Wenn die beiden Teile zu verschiedenen Akkorden fortschreiten, entsteht eine neue Dissonanz, die dann wieder zur Auflösung drängt. Das Wesen der musikalischen Dissonanz besteht also nicht in etwas rein Negativem, einer Störung des Zusammenklangs, die Unlust erregt, in Schwebungen oder Rauhigkeit. Das Entscheidende ist, ob die Auffassung zu einem Ganzen vorliegt oder zu zwei verbundenen Ganzen.

(*Stumpf:*) Wegen des Einflusses der Auffassung kann sich die musikalische Konsonanz viel weiter von den genauen Schwingungsverhältnissen entfernen als die akustische. Man kann Klänge noch richtig auffassen, wenn die Schwelle der Unreinheit längst überschritten ist. So hat der Nebendreiklang *d-f-a* in *c*-Dur keine reine Quint, aber diese Unreinheit wird überhört. Dagegen wird der verminderte Dreiklang *h-d-f* nicht als Dreiklang gehört, sondern als Dissonanz, etwa als Dominantseptimenakkord *g-h-d-f* mit fehlendem Grundton. Der übermäßige Dreiklang *c-e-gis* wird als Dissonanz aufgefaßt, was nach der reinen Verschmelzungslehre unerklärlich wäre. *c-gis* liegt ja *c-as* so nahe, daß es als Sext gelten kann. Dagegen zusammengenommen ist unmöglich *gis* gleichzeitig als große Terz von *e* und als Sext von *c* aufzufassen.

v. Öttingen macht für die Erklärung des letzteren Akkordes noch geltend, daß er deshalb so spannend sei, weil er zwei Gegensätze vereinigt, nämlich den phonischen und tonischen Ausdruck desselben Tones: $\underline{b}$-d-$\overline{fis} = d^{+} + d^{0}$. Rein akustisch ist das eine scharfe Dissonanz; aber die Unlust wird überboten durch den musikalischen Zusammenhang und die Auflösung. Das Lustgefühl ist dabei verbunden mit einer starken Spannung, die wegen der Auflösung der Befriedigung Platz macht.

Weniger konsonant im musikalischen Sinne sind die einfachen Zweiklänge, weil ihnen die Eindeutigkeit fehlt. Hier besteht also höhere akustische Konsonanz (Verschmelzung) mit niederer musikalischer Konsonanz. Im Mittelalter war diese Anschauung noch nicht ausgebildet. Deshalb wurde der Dreiklang als mangelhafte Konsonanz empfunden und mit der leeren Quint geschlossen.

Die Tongeschlechter. Nimmt man zu einem tonischen Akkord (d^{+}) die beiden quintverwandten tonischen Akkorde (g^{+} und a^{+}), so erhält man aus ihren Tönen ein rein tonisches Geschlecht. Ähnlich kann man nach *Hauptmann* und *v. Öttingen* ein rein phonisches Geschlecht erhalten, wenn man zum phonischen Akkord die beiden quintverwandten phonischen hinzunimmt: zu d^{0} auch g^{0} und a^{0}. Legt man die Töne jedes Geschlechtes auseinander, so bekommt man die tonische Leiter (Durleiter), welche nach oben geht, und die rein phonische Leiter (die dorische der Griechen), die nach unten geht:

Tonisch:	*d*	*e*	$\overline{fis}$	*g*	*a*	$\overline{h}$	$\overline{cis}$	*d*
	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
Phonisch:	*d*	$\overline{es}$	$\underline{f}$	*g*	*a*	$\underline{b}$	*c*	*d*
	1/2	8/15	3/5	2/3	3/4	4/5	8/9	1

Beide Geschlechter liefern befriedigende Kadenzen, d. h. Akkordfolgen, die das Zentrum *d* deutlich ins Bewußtsein rufen. Es lassen sich auch gemischte Geschlechter bilden, wodurch unter anderem die sog. instrumentale Moll entsteht: g^{0} d^{0} a^{+}. Die mit dem Grundton dissonierenden Töne der Leiter sind mit ihm immer wenigstens indirekt verwandt.

Die Modulation. Eine Akkordfolge ist verständlich, wenn die Symbole derselben nahe verwandt sind. Am verständlichsten ist die Quintfolge. Modulation ist das Ergreifen neuer Tongeschlechter. Die Modulation nach quintverwandten Geschlechtern kann ohne weiteres erfolgen, die nach terzverwandten verlangt, daß ein Akkord nachträglich umgedeutet wird. Gewisse Dissonanzen sind so eindeutig für eine Tonart, daß sie sofort in diese eingliedern. Tritt zu einem Dreiklang die kleine Septime, so wird er als Dominantseptimakkord gefaßt. Oft wird eine Reihe von Akkorden erst durch eine spätere Auflösung gedeutet; darin besteht der spannende Charakter der Musik. Dreiklänge werden oft durch chromatische Abänderungen einzelner Töne umgebildet. Dadurch wird der Aufeinanderfolge ein drängenderer Charakter gegeben.

3. Zur Theorie der musikalischen Konsonanz. Worin besteht psychologisch die einzigartige Stellung der beiden Dreiklänge, Dur und Moll?

a) Die Grundlage auch der musikalischen Konsonanz ist zweifellos die akustische Konsonanz, gemäß den Prinzipien der Verschmelzungslehre. Es wird die größte Anzahl Töne innerhalb der Oktave angegeben, die sämtlich unter sich konsonieren, wobei man unter den Konsonanzen von den stärkeren zu den schwächeren übergeht. So erhält man zu einem Tone seine Quint; dann ist daneben nur noch die große oder kleine Terz möglich, wenn man von der Siebenergruppe absieht. Das Resultat sind dann die Akkorde c-e-g-c^{1} und c-es-g-c^{1}. Darin sind sämtliche höhere Verschmelzungsstufen vertreten.

Der Wohlklang beruht aber nicht allein auf den einzelnen Intervallen, sonst müßte uns die reine Oktave oder Quint schöner erscheinen als der Dreiklang. Dazu tritt das Prinzip der größten Mannigfaltigkeit, welche sich mit möglichst vollkommenen Konsonanzen vereinigen läßt. Der Dreiklang ist neben einer genügenden Konsonanz seiner Teiltöne besonders reich an Qualitäten und dadurch prächtiger als eine leere Quint mit ihrer reineren Konsonanz.

Aber hierdurch allein ist die Hauptsache noch nicht erklärt, nämlich die einzige Stellung, welche die beiden Dreiklänge in der großen Mannigfaltigkeit von Akkorden einnehmen. Ein Vierklang von den Schwingungsverhältnissen 4 : 5 : 6 : 7 würde an sinnlichem Wohlklang vom Dreiklang nicht so weit abstehen. Auch kann ein Dreiklang unter Umständen als Dissonanz wirken. Das Besondere, das diesen beiden Dreiklängen allein die Fähigkeit gibt, als voller befriedigender Abschluß zu gelten, muß teilweise auf etwas beiden Gemeinsamem beruhen, teilweise sie einander gegenüberstellen.

b) Das gemeinsame, zum Teil intellektuelle Element kann man eine besondere Art von Einheitlichkeit nennen; in der Mehrheit von Tönen ist ein Ton als Hauptton hervorgehoben, der ganze Akkord ist im Sinne dieses Tones aufgefaßt, und die Nebentöne erteilen dem Ganzen einen eindeutigen Charakter. Die Konsonanz verlangt neben der Klangeinheit eine Unterscheidung der Teile. *Wundt:* Wird zu einem Durdreiklang 4 : 5 : 6 auch 1, 2, 3 stark hinzugefügt, so verschwindet die Vorstellung des Zusammenklanges, und man glaubt einen Einzelklang mit voller Klangfarbe zu hören. Die Einheitlichkeit des Dreiklanges kommt dadurch zustande, daß einer der Töne der herrschende wird. Das ist zum Teil Sache der intellektuellen Auffassung. Aber es besitzt seine sinnliche Grundlage, indem durch die Nebentöne der Hauptton verstärkt, betont wird. Besonders klar ist das beim Durdreiklang, wo, wie gezeigt, durch die Kombinationstöne der Grundton eine mehrfache Oktavenverdoppelung erfährt, dem Eindruck eines Einzelklanges nahe gebracht wird, ohne doch mit ihm verwechselt zu werden, was den Mehrklang auflösen würde. In der gleichen Richtung wirkt, daß die tieferen Töne (das größere Tonvolumen) überhaupt die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, leichter als Träger des Ganzen erscheinen.

Nicht so allgemein anerkannt ist die Einheitlichkeit beim Molldreiklang. Hier ist der herrschende Ton nach der Dualitätslehre in der Quint zu sehen, welche in ähnlicher Weise durch Obertöne der nächsten Oktaven mehrfach verdoppelt und so bedeutend verstärkt wird.

Wenn im Einzelfall die Obertöne sehr schwach sein oder ausfallen sollten, wird man sich für die verbleibende musikalische Auffassung hier auf die Assoziation berufen können. Denn es handelt sich nicht mehr um den bloßen sinnlichen Eindruck der Verschmelzung, sondern um eine höhere intellektuelle Leistung. Auch *Stumpf* gibt zu, daß der Musiker häufig Intervalle im Sinne eines Dreiklanges auffaßt, also das hinzuerinnerte Element die musikalische Auffassung wesentlich beeinflußt. Diese höheren Obertöne besitzen nicht gleichen sinnlichen Eindruck wie die tieferen Differenztöne. Daraus erklärt sich vielleicht, daß die richtige Auffassung des Molldreiklangs mehr Schwierigkeit macht und längere Zeit braucht, um durchzudringen.

Die andern zwei Töne des Dreiklanges sind neben ihrer absoluten Konsonanzwirkung das notwendige Mittel, um jene Hervorhebung des Haupt-

klanges zu bewirken, an die die musikalische Auffassung anknüpfen kann. Besonders die Terz unterscheidet erst, ob der Träger der Klangeinheit der tiefe oder hohe Ton des Quintenintervalles werden soll. Deshalb ist die Gegenwart aller drei Töne unerläßlich, damit in eindeutiger Weise über die Art der Klangeinheit entschieden sei.

Die letzte Entscheidung über die Auffassung des Dreiklanges geschieht freilich durch den Zusammenhang der Akkordfolge, wonach er bisweilen nicht als Grunddreiklang, sondern als unvollständiger Vierklang oder im Sinne eines andern als seines normalen Haupttones als Dissonanz aufgefaßt werden muß. Eine Konsonanz kann nachträglich auch in eine Dissonanz umgedeutet werden, indem die Rolle des Einheitsklanges in einen andern Ton verlegt wird, wobei seine ganze Gestalt verändert erscheint. Darin bestätigt sich die gemachte Annahme, daß in der Tat ein Dreiklang im Sinne eines seiner Töne aufgefaßt wird.

c) Was den Unterschied der beiden Grunddreiklänge betrifft, deren grundlegender Charakter durch das musikalische Bewußtsein außer Frage steht, und dessen psychologische Erklärung wir eben versucht haben, so bleibt es eine nebensächliche Frage, ob dieser Unterschied als wirklicher Gegensatz aufzufassen ist, wie es die Dualisten lehren, oder als bloße Verschiedenheit. Wenn *Zarlino* auf das reziproke Verhältnis der Schwingunszahlen hinweist (Durakkord 4 : 5 : 6; Mollakkord 1/4 : 1/5 : 1/6), so geht das natürlich nur die physikalischen Reize an, nicht das Bewußtsein. Die Untertöne, welche *Riemann* zu hören glaubte, existieren nicht. Daß der Durakkord nach oben gebaut ist, der Mollakkord in ganz gleicher Weise nach unten, daß also Moll gewissermaßen als ein auf den Kopf gestelltes Dur uns erscheine, ist ebenfalls durch Reflexion aus der Theorie hineingetragen, nicht eine unmittelbare Tatsache des Bewußtseins (*Stumpf*).

Im Bewußtsein scheint nichts anderes vorzuliegen als eine tiefgreifende Verschiedenheit, die man direkt gewahrt, schon an der wesentlich verschiedenen Gestalt des Komplexes. Dazu kommt die intellektuelle Auffassung der Klangeinheit des Ganzen im Sinne eines Tones; und diese Auffassung zeigt sich mit der Erfahrung in mehrfacher Weise möglich, „im Sinne des Dur oder des Moll“. Es ist eine verschiedene Einstellnng des Geistes, die man durch Erfahrung erlernt, ohne deshalb notwendig über die Einzigkeit dieser zwei Einstellungen und ihren Gegensatz etwas wissen zu müssen.

Trotz dieser Einschränkung bleibt das Verdienst des Dualismus unleugbar, daß er die Bedeutung und Gleichberechtigung der beiden Dreiklänge, ihren verschiedenen Aufbau in Hauptton nnd Richtung der Nebentöne, die verschiedene Einstellung bei ihrer musikalischen Auffassung zur Geltung gebracht hat.

Drittes Kapitel.

Die räumlichen Gesichtswahrnehmungen.

Literatur. *Stumpf,* Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung, 1873. — *Helmholtz,* Handbuch der physiologischen Optik ([2]1896) 576 bis Schluß. — *Hering,* Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges, in *Hermanns* Handbuch der Physiologie III. — *B. Bourdon,* La perception visuelle de l'espace, 1902. — *Zoth,* Augenbewegungen und Gesichtswahrnehmungen, in *Nagels* Handbuch III 283—437. — *Jaensch,* Zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen, 1909: ders., Über die Wahrnehmung des Raumes, 1911. —

Witasek, Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges, 1910. — *F. B. Hofmann,* Raumsinn des Auges, in *Tigerstedts* Handbuch der physiologischen Methodik III, 2, 100—224; ders., Die Lehre vom Raumsinn des Auges I, 1920.

Einleitung.

Die Klasse der extensiven Wahrnehmungen umschließt die räumlichen und zeitlichen Gebilde. Wir beginnen mit der räumlichen Gesichtswahrnehmung. In ihrem Gesamtkomplex lassen sich nach *Witasek* verschiedenartige Bestandteile sondern: 1. Die Farbenempfindungen, das Material, in dem wir die Gegenstände sehen, samt ihrer räumlichen Anordnung: die räumliche Gesichtswahrnehmung im engeren Sinne. 2. Die reproduktiven Zutaten. In einem bekannten Zimmer „sehen" wir auch in der Dämmerung sehr viele Dinge richtig. die wir auf Grund der schwachen Empfindungen allein nicht mehr erkennen könnten. 3. Die Elemente werden zu einem Ganzen in einer bestimmten Ordnung zusammengefaßt, zu einer Gestalt, welche bei gleichen Elementen noch verschieden sein kann. 4. Endlich pflegen Urteile nicht zu fehlen: die Überzeugung von dem Dasein des wahrgenommenen Gegenstandes; Erinnerungsurteile. wodurch der Gegenstand als Gegenstand bestimmter Art und bestimmten Namens sofort erscheint; oft auch unmittelbare Vergleichungsurteile.

Wir reden vor allem von der elementaren visuellen Raumwahrnehmung, von der Anordnung der Farbenpunkte in den drei Raumdimensionen, wenn auch die reproduktiven Elemente und die Auffassung auf diese räumliche Gestaltung von großem Einfluß sind.

Grundlegend ist die Unterscheidung zwischen dem unmittelbaren Sehen, der anschaulichen visuellen Vorstellung und dem Wissen. Für das Wissen ist der Raum unendlich, überall gleichartig, die Sonne ein Körper von riesiger Größe; für das Sehen, als „Sehding" (*Hering*), ist die Sonne eine gelbrote Scheibe von der Größe vielleicht eines Tellers. Sieht man Samt aus größerer Entfernung, so erscheint uns die Oberfläche glatt; die Glätte besteht in Wirklichkeit nicht, sondern ist ein reines Sehding. Der „Sehraum" ist endlich, hat Grenzen sowohl nach außen wie nach innen (blinder Fleck). Seine Teile sind voneinander verschieden, aber nur durch Lagebeziehungen zu beschreiben, etwa im Verhältnis zum eigenen Körper, „der Punkt gerade vor mir", „in der und der Entfernung und Richtung". Diese Mannigfaltigkeit von räumlichen Bestimmungen tragen wir mit uns herum. Der Sehraum (*Hering*) ist danach der Raum, so wie er uns in einem Augenblick in der Gesichtswahrnehmung erscheint. Der wirkliche Raum (man könnte ihn entsprechend „Denkraum" nennen) ist der Raum, so wie er von uns auf Grund unseres gesamten Wissens erkannt wird. Ob dieser letztere Raum sich mit dem objektiven (transzendenten) Raum deckt, hat die Erkenntnistheorie zu entscheiden. Sicher ist der Sehraum häufig eine recht unvollkommene Abbildung des wirklichen Raumes. So erscheinen uns Fixsterne als Sehdinge an der Himmelswölbung in einer recht kleinen und für alle Sterne gleichen Entfernung; der Sehraum bleibt da weit hinter der Wirklichkeit zurück.

Bei der räumlichen Gesichtswahrnehmung kann es sich um Wahrnehmung bei ruhendem oder bewegtem Auge handeln. Die Beobachtung kann ferner mit einem oder mit zwei Augen geschehen. Für die folgende Behandlung besonders wichtig ist die Unterscheidung von Flächen- und Tiefenwahrnehmung. Erstere sieht von der Tiefe ab und untersucht bloß, wie die gesehenen Punkte nach

Entfernung und Richtung nebeneinander liegen. Letztere betrachtet auch die Entfernungen der gesehenen Punkte vom Auge und damit die Entfernungen nach allen Richtungen des Raumes.

§ 1. Physiologisches über die Stellung und Bewegung des Auges.

1. Der Augapfel ist bloß einer Drehung fähig; der Drehpunkt liegt zwar nicht absolut fest, aber die Abweichungen sind so unbedeutend, daß man mit *Aubert* einen festen Drehpunkt annehmen kann. Die Drehung des Auges geschieht durch sechs Muskeln, den innern und äußern geraden Muskel (*rectus internus, externus*), die nach außen oder innen drehen; den obern und untern geraden (*rectus superior, inferior*), die als Hauptleistung heben und senken; den obern und untern schiefen Muskel (*obliquus superior, inferior*), welche als Hauptleistung das Auge rollen, d. h. um die nach vorn gehende Achse drehen, daneben aber auch Hebung und Senkung unterstützen.

Die Benennung der Augenstellungen (*Zoth*): Unmittelbar verständlich sind die Ausdrücke: Sagittalschnitte d. h. Vertikalebenen, welche von hinten nach vorn gehen (die mittelste von ihnen ist die Symmetrieebene des Kopfes, die Medianebene); ebenso Horizontalschnitte oder Querschnitte; endlich Frontalschnitte, die zu beiden vorigen senkrecht sind, also der Stirnfläche parallel.

Der Blickpunkt ist der fixierte Punkt. Blicklinie, Richtung ist die Linie vom Blickpunkt zum Drehpunkt des Auges (*OF*); Blickebene die Ebene durch die beiden Blicklinien der beiden Augen; Blickfeld die Fläche, welche die Blicklinie bei unbewegtem Kopfe bestreichen kann, also der Inbegriff der Punkte, die bei unbewegtem Kopfe von einem Auge fixiert werden können. Dagegen ist Gesichtsfeld der Inbegriff aller Punkte, welche bei einer bestimmten (unbewegten) Lage des Auges gleichzeitig auf der Netzhaut abgebildet sind.

Um die Lage des Auges bezeichnen zu können, muß man die Winkel zu einer festen Ausgangslage bestimmen (Fig. 30). Als Ausgangsstellung betrachtet man die Stellung beider Augen bei aufrechter, gerader Kopfhaltung und horizontalen Blicklinien parallel geradeaus. Dann ist der Erhebungswinkel der Winkel der neuen Blickebene nach oben mit derjenigen der Ausgangsstelluug (Winkel *FOA*, um die Achse *XX'*); der Seitenwendungswinkel ist die Bewegung der Blicklinie nach innen oder außen (Winkel *FOB*, um die Achse *YY'*). Die Raddrehung im allgemeinen ist eine Drehung des Augapfels um die sagittale Achse. Man muß da unterscheiden, ob man den Winkel auf den Kopf bezieht (Raddrehungswinkel im engeren Sinne) oder auf den gegen den Kopf beweglichen Augapfel selbst (der Rollungswinkel; Winkel *COY'*, um die Achse *FZ*).

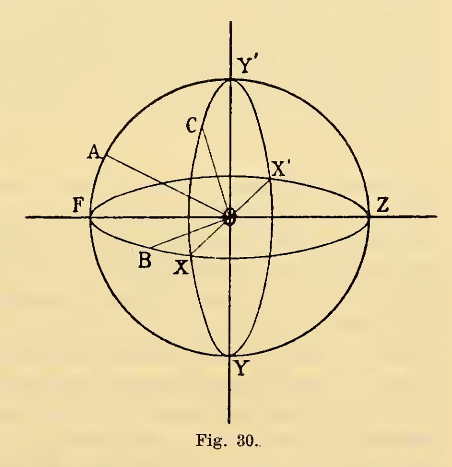


Fig. 30.

Legt man durch die Blicklinie in der Ausgangsstellung eine vertikale Ebene, so erhält man den Mittellängsschnitt auf der Netzhaut. Legt man durch die Blicklinie eine horizontale Ebene, so erhält man den Mittelquerschnitt. Die Lage der übrigen Netzhautschnitte kann man dann bestimmen durch die Winkelabweichung von den ersteren.

Nach einem andern System der Benennung heißt *F* der Pol, die Hauptschnitte heißen der horizontale und vertikale Meridian, wozu dann die weiteren Meridiane und Parallelkreise konstruirt werden müssen.

2. Die Augenbewegungen.

Literatur. *Dodge,* Eine experimentelle Studie der visuellen Fixation, in ZPs 52 (1909) 321 ff. — *Marx,* Untersuchungen über Fixation unter verschiedenen Bedingungen, in ZPs II 47 (1913) 79 ff. — *Gertz,* Über die kompensatorische Gegenwendung der Augen be spontan bewegtem Kopfe, in ZPs II 47, 420 ff.; ders., Über die gleitende Augenbewegung, in ZPs II 49 (1915) 29 ff.

Die Stellung des vertikalen Netzhautmeridianes ist für jede bestimmte Lage der Blicklinie stets dieselbe, gleichgültig, auf welchem Wege das Auge dahin gekommen ist (Gesetz von *Donders*). Die Primärstellung des Auges heißt diejenige, von der aus der Blick ohne Rollung gerade nach oben oder unten, nach rechts oder links bewegt werden kann. Sie fällt ungefähr mit der vorher definierten Ausgangsstellung zusammen. Wird dagegen das Auge von einer Primärstellung aus in einer schiefen Richtung bewegt, so tritt eine Rollung ein. Übrigens wird bei größeren Augenbewegungen nicht das Auge allein bewegt, sondern auch der Kopf, so daß Raddrehungen vermieden werden.

Die Bewegungen beider Augen gehen nicht unabhängig voneinander vor sich; sie heben und senken sich gleichzeitig, gehen zugleich nach rechts oder links, immer auf denselben Punkt. Zu gleichem Zweck dienen die gleichmäßigen Rollungen, die Assoziation zwischen Akkommodation und Konvergenz (vgl. § 7); auch ein geschlossenes oder erblindetes Auge folgt, wenn auch unvollkommen, den Bewegungen des andern beim Fixieren. Aus demselben Zweck erklären sich auch die Ausnahmen von der Assoziation der Bewegungen, wenn das Interesse des deutlichen und einfachen Sehens es erfordert. So kann man durch ein Prisma Verschiedenheiten der Erhebung oder Seitenwendung beider Augen erzwingen. Die Augen stellen sich so ein, daß die Doppelbilder vereinigt werden, sie zeigen eine „Fusionstendenz“. So lassen sich Winkel bis zu 6—10^0 überwinden. Nach längeren Versuchen dieser Art zeigen dann beim Absetzen der Prismen die Augen zunächst beim gewöhnlichen Sehen Doppelbilder, die aber nachher verschwinden. Die Assoziation der Augenbewegungen beruht sicher auf angeborenen Einrichtungen, wenn auch eine gewisse Ausbildung möglich ist.

Die Fixation eines ruhenden Objektes ist nie frei von unregelmäßigen kleinen Augenbewegungen, nach *Dodge* um etwa 10′ oder mehr. Im Dunkeln ist die Abweichung viel größer, auch wenn man starr fixieren will (*Marx*). Die erträgliche Bewahrung der Fixation liegt daran, daß die Primärstellung des Auges etwas Ausgezeichnetes an sich hat, indem die Innervationsanstrengung dort am kleinsten ist; deshalb läßt sich diese Stellung festhalten oder wiederfinden.

Wenn man ein indirekt gesehenes Objekt fixieren will, geht das Auge in einem Sprunge darauf über (wie *Hering* an Nachbildern und den Muskelgeräuschen nachweist; neuestens wurde es auch durch objektive Messung der Augenbewegungen festgestellt). Die während des Sprunges über die Netzhaut gleitenden Objekte sieht man nicht deutlich; wenn man sie erkennen will, macht man mehrere kleine Sprünge statt eines großen. Beim sprungweisen Sehen entnimmt man dem Gesichtsfeld Stichproben, aus denen man das Ganze aufbaut (*Hering*). Eine langsame, gleitende Augenbewegung ist nur unter Leitung eines gesehenen Objektes möglich; nach *Gertz* auch im Dunkeln unter Leitung der Tastempfindung, wenn über den Arm gestrichen wird; um so sicherer, je lebhafter das bewegte Objekt vorgestellt wird; nach reiner Vorstellung die Augen gleitend zu bewegen ist den meisten nicht möglich.

Wenn die Fixation der Objekte nicht stört, so werden nach *Gertz* auch größere Kopfdrehungen vollständig durch Gegenwendungen des Auges aufgewogen, sowohl

im Hellen wie im Dunkeln; dasselbe geschieht auch bei den kleinsten willkürlichen Kopfwendungen. Ein Mechanismus bewirkt, daß sich mit dem Impuls zum Kopfdrehen ganz gleichzeitig ein Impuls zur Gegendrehung verbindet, so daß gelegentliche Kopfbewegungen nicht stören. Ist die Kopfbewegung passiv, so richtet sich die Gegendrehung nach der Bewegungsempfindung, kommt also (um etwa 165 σ) zu spät. Ähnliches gilt nach *Dodge* auch bei den kleinen unregelmäßigen Fixationsstörungen; die unwillkürlichen Kopfbewegungen, die von Puls oder Atmung abhängen, werden sofort durch Augenbewegungen unschädlich gemacht. Stellt man Druckschrift in bequeme Leseentfernung, so wird das Lesen durch mäßige Kopfbewegungen nicht gestört, wohl dagegen, wenn man den Druck an einem Stäbchen befestigt, das mit dem Munde gehalten wird. Wenn die Augenbewegung bloß Reaktion auf die Undeutlichkeit des Druckes wäre, müßte umgekehrt im ersten Fall Verwischung eintreten, im zweiten nicht.

§ 2. Sehschärfe und Augenmaß.

Der einfachste Fall der visuellen Raumwahrnehmung, mit dem wir hier beginnen, ist die Flächenwahrnehmung bei einäugigem Sehen und ruhendem Blicke. Die Leistungsfähigkeit des Auges unter diesen Umständen hat man von jeher zu messen gesucht durch Feststellung der kleinsten Größen, welche das Auge unterscheiden kann (Sehschärfe), und durch die Genauigkeit bei Vergleichung von Raumgrößen (Augenmaß).

1. Sehschärfe. Die räumliche Unterscheidungsfähigkeit wird verschieden verstanden: 1) das optische Auflösungsvermögen wird durch den kleinsten Gesichtswinkel gemessen, unter dem zwei feine Objekte eben noch gesondert werden können; 2) die Feinheit des optischen Raumsinnes mißt die kleinste bemerkbare Noniusverschiebung: eine Gerade wird dafür in zwei Hälften geteilt und die eine gegen die andere parallel verschoben, bis die Verschiebung eben bemerkt wird. Die Auflösung verlangt, daß mindestens ein Netzhautelement zwischen den Größen liegt, dessen Helligkeit merkbar verschieden erscheint; die Feinheit des Raumsinnes dagegen nur, daß eine andere Reihe von Sehfeldelementen angegriffen wird (*Hering*).

Die Wahrnehmung einzelner Punkte: *Aubert* findet, daß bei 35″ eine kleine Lichtfläche eben unsichtbar wird, weshalb er sie den physiologischen Punkt nennt. Wird die Helligkeit des Punktes immer größer, so kann er immer kleiner sein. Bei kleinen Objekten (unter 2′) muß nach *Riccò* nur das Produkt aus Flächengröße und Lichtstärke konstant sein, um eben wahrnehmbar zu bleiben. Auch hängt die scheinbare Größe nur von diesem Produkt ab; die Sterne sind um so größer, je lichtstärker sie sind; die sog. Sterngrößen sind in Wirklichkeit Sternhelligkeiten. Bei leuchtenden Linien geht in der Längsrichtung kein Licht verloren; deshalb erscheinen sie heller, als eine Fläche gleicher Breite, und nimmt ihre Sichtbarkeit bis zu einer gewissen Länge zu. Für ein weißes Quadrat auf schwarzem Grunde fand *Plateau* bei direkter Sonnenbestrahlung als Schwelle 12″. Für weiße Linien auf schwarzem Grund fand *Aubert* 3,5″. Schwarze Objekte auf weißem Grunde sind bei der Schwelle größer, als weiße auf schwarzem Grunde (wegen Irradiation, d. h. Lichtausbreitung auf die Nachbarschaft).

Für das Auflösungsvermögen zweier Punkte oder Linien geben *Helmholtz* und *Aubert* Werte zwischen 1—3′. Bei bester Beleuchtung findet *Volkmann* für sich 23,3″; *Hofmann* 34,6″, was einer Netzhautdistanz von 2,5 μ entspricht, also noch eine weniger stark gereizte Zapfenreihe frei läßt. Eine einheitliche Schwelle für

gesonderte Wahrnehmung feinster Einzelheiten ist nach *Hofmann* nicht anzugeben; sie hängt von Größe und Form der Probeobjekte ab; weshalb man bei Vergleichung immer dieselben Objekte benutzen müsse. Beim Auseinanderrücken der Objekte sieht man erst einen Fleck, der länglich wird, dann eine Einbuchtung erhält, die allmählich durchgeht; bei der Prüfung kann man sich da mit verschiedenen Stufen begnügen.

Die Feinheit des optischen Raumsinnes nach der *Nonius*methode ergibt Werte, die in der Nähe von 10″ liegen; nach *Bourdon* bis unter 5″. Eine andere Methode mißt den eben merklichen Größenunterschied kleinster Objekte. Schon *Volkmann* fand bei Vergleichstrecken von 4—6′ einen Wert von 7″. Auch die eben merkliche Bewegungsgröße liegt in derselben Höhe.

Zur anatomischen Erklärung bemerkt *Hofmann:* Bei der Lageschwelle hat man es nicht mit einer scharfen Grenze zu tun, sondern mit Werten zwischen 2,5—12″. Bei der seitlichen Verschiebung wird nicht der genaue Knickpunkt erkannt, sondern nur, ob die beiden Linien in derselben Richtung liegen oder nicht. Durch die verschobene Linienhälfte werden bei beliebiger Richtung immer neue Zapfen mit betroffen; dasselbe gilt von der eben merklichen Unterscheidung kleiner Strecken, die über mehrere Zapfen hinwegreichen. Die Verlängerung wird merklich, wenn bei kleinen Augenbewegungen gelegentlich ein Bruchteil eines Zapfens mehr erregt wird, als bei der kürzeren Strecke. Vermutlich sind die Zapfen die letzten Einheiten des Empfangsapparates, deren Erregung sich durch eine besondere Lokalisationsweise von der der benachbarten Elemente unterscheidet, aber nicht mehr in sich selbst. *Ebbinghaus-Bühler:* Bei der *Hering*schen Erklärung, die auf die Krümmungsschwelle und die eben merkliche Abweichung vom Parallelismus anwendbar ist, muß man mit einer Art Zusammenordnung ganzer Reihen empfindlicher Elemente rechnen.

Für die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Helligkeit fand *Uhtoff:* Mit der Beleuchtung nimmt die Sehschärfe anfangs schnell zu; von 3—33 Mk (Meterkerzen) langsamer; hält sich dann bis etwa 100 Mk auf einem Höchstwert, der bisweilen später sinkt. *Roeloffs* und *Zeemann* finden bei der Beleuchtung des klaren Sternhimmels (0,0003 Mk) die Sehschärfe = $1/_{40}$—$1/_{50}$, aber nur bei einem Kontrast von weißen und schwarzen Objekten. Nach *König* wachsen die Sehschärfen proportional den Logarithmen der Beleuchtungsintensität; nur unter $1/_{10}$ Mk ändert sich die Sehschärfe langsamer, wohl wegen Dunkeladaptation. Nach *R. Pauli* ist auch die Farbe von Einfluß. Ist die Sehschärfe bei Weiß = 1, so ist sie bei Rot $1/_2$, bei Grün $1/_4$, bei Blau $1/_6$.

Die praktische Messung der Sehschärfe geschieht gewöhnlich nach der Methode von *Snellen.* Es werden Buchstaben unter einem Gesichtswinkel von 5′ geboten, deren Einzelheiten eine Größe von 1′ haben. Die Sehschärfe, die dem entspricht, gilt als normal, als Einheit. Die Sehschärfe gilt dann als = 2 oder 3, wenn die Buchstaben in zwei-, dreifacher Entfernung noch erkannt werden. *Cohn* verwendete statt der Buchstaben Haken von der Form E in verschiedener Lage, wobei er das Erkennen aus der Entfernung von 6 *m* für normal (1) annahm. Er führte dabei die Untersuchung immer unter freiem Himmel, bei voller Tagesbeleuchtung aus, wobei er häufig das Zwei- und Dreifache des „normalen Wertes“ erhielt. Höchste Werte zeigte ein Kalmücke mit der Sehschärfe 6,7 und ein ägyptischer Knabe mit 8. Die Sehschärfe der Kinder scheint etwas über der der Erwachsenen zu liegen, die der Greise etwas darunter, aber nicht so stark, als man erwarten sollte. Bei unzivilisierten Völkern ist die Sehschärfe etwas, aber nicht bedeutend, über derjenigen der Zivilisierten.

Theoretisch ist die Methode *Snellens* nicht ganz durchsichtig. Die Annahme, daß dabei das Auge Einzelheiten unter einem Winkel von 1′ eben noch erkenne, ist unhaltbar. Beim Erkennen handelt es sich fast immer um die Wahl zwischen zwei ähnlichen Buchstaben. Übrigens erhält man mit den Buchstaben nicht so hohe Werte wie mit den Haken; diese letzteren prüfen weniger die Unterscheidung der einzelnen Striche (die Sehschärfe), als die Unterscheidung der hellen und dunklen Teile (den Formensinn). Bei der Untersuchung von Hemianopikern erweist sich nach *Poppelreuter* das Sehfeld nach dem Prüfreiz verschieden: Man bekommt ein weiteres Sehfeld, wenn die Prüffläche größer oder intensiver ist, oder bewegt wird. Auch ein Skotom kann für ein leuchtendes Objekt blind sein, ein flimmerndes noch wahrnehmen.

Gegen die Peripherie hin nimmt die Sehschärfe sehr rasch ab. Nach *Dor* ist sie in 20° Entfernung nur noch $^1/_{40}$, in 40° Entfernung nur noch $^1/_{200}$ der zentralen. Auf verschiedenen Meridianen nimmt sie auch verschieden schnell ab. Die Werte anderer sind stark verschieden. *Wertheim* findet in 40° Entfernung noch $^1/_{20}$. Für Dunkeladaptation ist die Sehschärfe überall tiefer als für Helladaptation; im gelben Fleck liegt sie dann so niedrig wie in 15° Entfernung davon, dazwischen aber höher (*Katzenellenbogen*, PsSd 3). Nach *Poschoga* (PsSd 6) nehmen die sukzessiven Schwellen, die größer sind als die simultanen, nach der Peripherie hin viel weniger ab. Auch in der Peripherie sind die Werte für die Unterscheidung der Lage und Bewegung niedriger als für das Auflösungsvermögen, $^1/_3$—$^1/_4$ davon. Einen starken Übungserfolg, aber nur für Formen, nicht für Helligkeitsunterschiede, haben *Dobrowolsky* und *Gaine* festgestellt, von $^1/_{200}$ auf $^1/_{20}$.

Der allgemeine Grund für die Abnahme in der Peripherie liegt zum Teil an der Abnahme der Zapfen und daran, daß immer mehr Elemente in dasselbe Neuron zusammengeleitet werden. Nennt man die Gruppe von Zellen, deren Erregung einer Sehnervenfaser zufließt, eine Empfangseinheit, so kann man auch auf sie die *Hering*sche Erklärung der Lagenunterscheidung anwenden. Es ist dafür nicht nötig, daß das Netzhautbild eines Gegenstandes auf die nächste Empfangseinheit hinüberrückt, sondern nur, daß die nächste merklich mitgereizt wird. Nur zur Sonderung muß eine nicht erregte Empfangseinheit dazwischen liegen (*Hofmann*).

2. Das Augenmaß.

Literatur. *Tschermak*, Über die Grundlage der optischen Tiefenlokalisation nach Höhe und Breite, in Ergebnisse der Physiologie 4 (1905) 517—564. — *K. Bühler*, Die Gestaltswahrnehmungen I (1913).

Das Augenmaß ist die Fähigkeit, Größenverhältnisse im Gesichtsfelde zu beurteilen: ob eine Linie gerade ist oder nicht, ob genau vertikal, welche von zwei Linien länger ist.

a) Die Schätzung der geraden Linie. Lange gerade Linien erscheinen meist gerade, wenn sie auf einer zur Gesichtslinie senkrechten Ebene durch den Fixationspunkt laufen. Dagegen erscheinen sie gekrümmt, wenn sie seitlich vom Fixationspunkt liegen, mit der Konkavität gegen den Fixationspunkt hin. Je nachdem man ein Lineal etwas zu tief oder zu hoch hält, erscheint es nach der einen oder andern Seite gekrümmt.

Deshalb müssen Linien, welche auf peripheren Teilen des Gesichtsfeldes ungekrümmt erscheinen sollen, in Wirklichkeit konvex gegen den Fixationspunkt sein. Das zeigt die *Helmholtz*sche Schachbrettfigur, deren Linien gegen den Mittelpunkt konvexe Hyperbeln sind, die aber in einer gewissen Entfernung betrachtet geradlinig erscheinen. (*Helmholtz:*) Denken wir uns das Auge in der Mitte des kugelförmigen

Himmelsgewölbes und vom Auge aus alle Objekte auf diese Kugel geworfen, so sieht das Auge die Objekte so, als ob es sie vom Okzipitalpunkt (dem Gegenpunkt des Fixationspunktes) aus betrachtete. Die 180^{0} voneinander entfernten Objekte, die wir gleichzeitig nach beiden Seiten noch sehen können, scheinen viel kleinere Winkel mit dem Auge zu bilden, etwa 90^{0}.

(*Bühler*) Die Bedeutung der geraden Linie: Krümmungen werden an ihr bestimmt, ebenso die Distanz von Punkten. Dazu hilft vor allem ihre leichte und sichere Herstellbarkeit. Nach *Bourdon* ist die Genauigkeit der Einstellung des Mittelpunktes zwischen zwei Punkten außerordentlich groß; der variable Fehler bei 80 *cm* Entfernung der Endpunkte und 2 *m* Entfernung des Beobachters war etwa 1 *mm*. Wurden bei *Bühler* größere Kreisbogen abgedeckt bis auf die drei Punkte an den Enden und in der Mitte, so zeigte sich die Schwelle für die Erkenntnis der geraden Linie nicht größer als bei den ganzen Bogen.

Die Geradheitsschwelle. Nach *Guillery* ist die Knickungsschwelle, d. h. der kleinste Winkel, der bei gegeneinandergeneigten Linien noch eben erkannt wird, 15″. *Bühler* bestimmt die Schwelle der Krümmung bei einem Bogen zu 7″ Höhe des Bogens. Eine eingekerbte Ecke geht unter der Schwelle in eine schiefe Begrenzungslinie über. Geknickte gerade Linien mit größerem Winkel erscheinen abgerundet, wenn der Schenkel durch Abdecken genügend verkleinert wird; für einen Winkel von 20^{0} bei Schenkeln von $5^1/_2{}'$; ähnlich erscheint ein Polygon als Kreis, wenn die Seitenlänge unter zu kleinem Gesichtswinkel liegt.

Wie entsteht dieser genaue Geradheitseindruck? *Helmholtz:* weil wir bei einer geraden Linie, der wir mit dem Blicke entlangfahren, das Netzhautbild in sich selbst verschieben. Aber *Stratton* zeigte, daß die Bewegungsbahn des Auges beim Verfolgen einer Grenzlinie sehr ungenau ist. Man muß entsprechend den Erwägungen *Herings* wohl sagen: werden gewisse Reihen von Netzhautelementen gleichzeitig gereizt, dann erhalten wir eben den Eindruck der geraden Linie. Wir können ja Geradheitseindrücke auch mit ruhendem Auge gewinnen. Die Augenbewegungen wirken freilich unterstützend mit. Die Knickungs- oder Krümmungsschwelle ist auf ebenmerkliche Lagenunterschiede zurückzuführen. Die Richtungsänderung wird nach Durchlaufen einer solchen Strecke erkannt, wo die seitliche Abweichung von der einfachen Fortsetzung (die im Eindruck der Geraden ja gegeben ist) die Schwelle erreicht. Es fanden sich dafür Werte von etwa 12″ (das stimmt zu den *Bühler*schen Werten, wo nur anders verrechnet wird); also etwas höher als der ebenmerkliche Lagenunterschied, weil hier der Übergang allmählich erfolgt.

Wie wird die Größe der Krümmung beurteilt? Bei einem Beobachter wirkte die Proportion zwischen Bogenhöhe und Sehnenlänge. Andere benutzten die Winkel zwischen Sehne (bzw. Tangente) und Bogen; der Schwellenwert dieses Winkels war etwa 48′, was mit dem Schwellenwert beim Vergleich geradliniger Winkel stimmt. Überhaupt sind die Werte gerade so, als wenn die Hilfslinien ausgezogen wären. Jedenfalls erwies sich die Auffassung der Krümmung nicht, wie *Helmholtz* annahm, als erschlossen, sondern, wie schon *Mach* sagte, als anschaulich gegeben. — Daß wir eine Gerade sehen, wenn die gereizten Netzhautelemente in einer solchen liegen, erklären wir nativistisch, wie bei den Farben. Es ist so eingerichtet, daß einem Reize Rot, einem anderen Gelb, einem mittleren ein Rotgelb entspricht. Daß es die genaue Mitte ist, läßt erst die Übung erkennen. So ist uns bei Reizung durch eine krumme Linie auf der Netzhaut unmittelbar eine nach der Seite hohle krumme Linie gegeben. Die Gerade ist uns der Übergang zwischen entgegengesetzten Krümmungen. Nur die Genauigkeit in der Bestimmung erfordert Übung.

Warum sehen wir nicht die Gerade zickzackförmig, wie es die darstellenden Sehelemente sein werden? Nach *Hering* wegen der beständigen kleinen Augenbewegungen, die nur den Mittelwert aufkommen lassen. Indessen scheint eine solche

Berufung kaum nötig, da die kleinen Abweichungen weit unter der Schwelle der Bemerkbarkeit liegen.

b. Die Größenverhältnisse der Linien. Bei Vergleich von Strecken fand *Fechner* die relative Unterschiedsempfindlichkeit gleich $^1/_{40}$. *Volkmann* fand den mittleren Einstellungsfehler bei mittleren Längen konstant, $^1/_{90}$—$^1/_{100}$, also auch Gültigkeit des *Weber*schen Gesetzes; ebenso *Merkel*. Für sehr kleine Strecken (unter 40′) dagegen gilt das nach *Volkmann* nicht mehr, sondern da wird allmählich die absolute Schwelle konstant = 11″. Die Schätzung ist bei bewegtem Auge genauer wie bei ruhendem; beim Durchwandern werden ja die einzelnen Teile genauer gesehen, als wenn sie teilweise indirekt abgebildet sind. Natürlich ist der Raumsinn im indirekten Sehen wieder wesentlich ungenauer. *Binet* fand bei Kindern die Unterschiedsempfindlichkeit ebenso fein wie bei Erwachsenen. Nach *Giering* vergleichen Kinder eher materielle Stäbe als Linien, und diese eher als Punktdistanzen; schon im dritten Jahre konnten sie Raumgrößen an Gegenständen der gewöhnlichen Umgebung vergleichen. Die sechsjährigen schätzten ebenso genau wie die vierzehnjährigen.

Fechner und *Wundt* führen die Längenschätzung auf wachsende Intensität der Muskelempfindungen beim Durchwandern der Strecke zurück; ebenso *Helmholtz, Münsterberg*. Die große Mehrheit dagegen verwirft diese Bedeutung der Augenbewegungen. *Hering, Stumpf, Witasek, Stern, Ziehen usw.* Nach *Dodge* und *Basler* merken wir die Bewegung eines Objektes nicht an der Bewegungsempfindung, sondern an der Netzhautverschiebung, selbst wenn wir dem Objekt folgen wollen, was immer ungenau bleibt. Die Gültigkeit des *Weber*schen Gesetzes beweist nicht die Wirksamkeit einer Empfindungsintensität. Sie läßt sich auch dadurch erklären, daß bei längerer Strecke die Vergleichung immer schwerer wird, indem die Aufmerksamkeit sich den Teilen nacheinander zuwenden muß. Das gilt auch in Fällen wo keine Bewegungen mitspielen, z. B. wenn man einen Punkt in die Mitte von zwei gegebenen einstellt: da wird die Erfassung der längeren Raumstrecke immer schwieriger. Gegen die Rolle der Muskelempfindungen spricht: daß sie überhaupt schlecht über die Lage der Augen unterrichten. Man hält die Augen oft für stark seitwärts gerichtet, wenn sie ungefähr geradeaus sehen, z. B. aus einer seitlichen Lage unbemerkt zurückgegangen sind. *Bourdon:* auch wenn man bei bewegtem Auge im Dunkeln die Endpunkte einer Strecke nacheinander gibt, wird man vermutlich die Verschiedenheit der Lage auf dem Sehfeld benutzen. Die Rolle der Muskelempfindungen ist wahrscheinlich viel kleiner, als die der Netzhautempfindungen. *Maria Binnefeld* (ArGsPs 37 [1918]) macht für die Rolle der Muskelempfindungen geltend: beim Vergleich gesehener Längen, die im Hellen nacheinander geboten wurden, war die relative Unterschiedsempfindlichkeit $^1/_{40}$. Ließ man im Dunkeln das Auge einem bewegten Lichtpunkt folgen, und in einer zweiten Anordnung dasselbe tun, während zugleich am Anfangsort ein Lichtpunkt stehen blieb, so waren die Werte dieselben: bei ersterem $^1/_{43}$—$^1/_{47}$, bei letzterem etwa $^1/_{39}$. Wird der Anfangspunkt starr fixiert, während das Licht sich zum Ende bewegt, so ist die Unterschiedsempfindlichkeit wieder etwa dieselbe ($^1/_{42}$—$^1/_{50}$). Fast gleich groß ($^1/_{40}$) sind die Werte, wenn die beiden Endpunkte ganz kurz zugleich geboten wurden. — Die Gesamtheit dieser Ergebnisse widerlegt in Wirklichkeit die behauptete Bedeutung der Muskelempfindungen. Wenn beim Fixieren des Anfangspunktes, also dem Fehlen jeder Bewegung die Werte gleich gut, ja die besten sind, wird wohl anzunehmen sein, daß überall die Auffassung der Endlage der Lichtpunkte das gemeinsame und entscheidende ist, auch dann, wenn ohne sonstigen Anhaltspunkt das Auge dem bewegten Lichtpunkt folgt, dessen Anfangslage es in dieser kleinen Zeit offenbar genau genug festhält. *Hofmann:* Für das Studium der Augeninnervation muß man den Gesichtseindruck ausschalten. Das geschah bei *Sachs* und *Wlassak,* die ein

Licht aufblitzen ließen und dann schätzen, ob es rechts oder links von der Mittelebene lag. Das ergab große Unsicherheit, mittlere Abweichungen von $^1/_2$—1° nach jeder Seite (freilich ist hier die Ausgangsstellung nicht sicher genug). Ferner müßte man sonst bei Lähmung des Muskels die Strecke überschätzen, was nicht geschieht.

Die Flächenvergleichung. *Bourdon:* Man kann ziemlich gut ähnliche Figuren auf ihre Flächen vergleichen; ebenso eine Gerade und eine gleich große Distanz von Punkten; ein Quadrat und vier Eckpunkte. *Leeser* (ZPs 74, 1 ff.): Die Genauigkeit der Schätzung quadratischer Flächen wird nicht erhöht, wenn man die Flächenschätzung durch eine Schätzung der Seite oder Diagonale ersetzt.

Genauer untersuchte *Bühler* den Größeneindruck. Nach *Helmholtz* bringen wir die Netzhautbilder paralleler Geraden zur Deckung, indem wir den Blick nacheinander auf die Mitte der Geraden richten. Aber beim Vergleich von Strecken beträchtlich verschiedener Richtung wurden die Schwellenwerte nicht beträchtlich größer. Ja selbst Strecken von verschiedener Entfernung von uns können auf ihre wahre Länge verglichen werden, wo das Netzhautbild außerordentlich verschieden groß ist. Dagegen ist die Beurteilung zweier verschieden entfernter Linien auf gleiche Größe des Netzhautbildes ungeheuer schwierig. Wir sehen keine Netzhautbilder, sondern Größen im Sehraum. Besonders scharf lassen sich auch Proportionseindrücke gewinnen.

Bei der Vergleichung zweier verschieden großer Rechtecke auf ihre Schlankheit finden sich außerordentlich feine Schwellenwerte, zwischen $^1/_{60}$ bis $^1/_{154}$. Das Resultat übertraf sogar erheblich den Längenvergleich bei denselben Beobachtern. Wie geht dieser Proportionsvergleich vor sich? Zunächst wird das Hauptrechteck *H* beobachtet: gewöhnlich zuerst eine vertikale, dann eine horizontale Seite durchfahren, entweder durch Wanderung des Blicks oder der Aufmerksamkeit; die Versuche gelingen auch bei kürzester Darbietung. Die Aufeinanderfolge der zwei Stücke ist wesentlich: das erste Stück wird dabei wie selbstverständlich hingenommen, während das zweite als bestimmend dazutritt. Dann wird das Vergleichsrechteck *V* ebenso beachtet: es werden dieselben zwei Stücke in derselben Ordnung beobachtet. Öfter heißt es, daß beim Überfahren der Linie der Blick gehemmt worden sei, an eine Schranke gestoßen (wenn zu kurz), oder nicht zu Ende gehen wollte, einen Ruck erhalten mußte (wenn zu lang). Andere Male tritt dem Beobachter die Linie fertig entgegen als an einem Ende abgeschnitten oder zu weit hinausragend. Endlich können die Eindrücke von kurz oder lang ohne Beziehung auf ein Ende auftreten, als absoluter Eindruck. Das sind wohl alles Abarten desselben Eindruckes: wo die Entstehung mit erfaßt wird, enthält er etwas von Bewegung in sich: wenn nicht, wird das Zuviel oder Zuwenig immer noch an ein Ende verlegt; wenn auch das fehlt, hat man den absoluten Eindruck der Länge oder Kürze.

Bühler zeigt eingehend, daß diese Vergleichung in der Tat eine Proportionsvergleichung ist. Man kann eine Gerade in zwei ungleiche Teile teilen und deren Verhältnis mit einer andern geteilten Geraden vergleichen. Die Schwelle ist auch dabei sehr fein ($^1/_{70}$ bis $^1/_{90}$); auch wenn die beiden geteilten Strecken in verschiedener Richtung lagen, ging der Vergleich ohne erhebliche Erschwerung vor sich; man nimmt dann eine gedachte Drehung der einen Strecke vor, d. h. betrachtet die Stücke unter dem Gesichtspunkt der Horizontalität, die bestehen würde, wenn man den Kopf entsprechend legte. Bot man zum Vergleich eine zweigeteilte Strecke und ein Rechteck, so glückte der Vergleich nach einiger Übung durch Herausfassung und Betrachtung der Teile nacheinander. Die Schwellenwerte waren auch da ähnlich wie früher (gegen $^1/_{100}$).

c) Teilungen. Der *Kundt*sche Teilungsversuch. Wird eine horizontale Strecke mit einem Auge betrachtet und soll sie nach dem Augenmaß halbiert werden, so wird der nach innen gelegene Teil regelmäßig etwas kleiner gemacht,

also überschätzt. *Hering* erklärt das aus einer Unregelmäßigkeit der Netzhaut: die Entfernungen, in denen etwas seitlich von der mittleren Vertikalen gesehen wird, die Breitenwerte, wachsen nach beiden Seiten des Netzhautmittelpunktes nicht gleich schnell, sondern auf der äußeren Hälfte rascher als auf der inneren. Deshalb wird eine auf der äußeren Hälfte abgebildete kleinere Strecke einer auf der inneren Hälfte abgebildeten größeren gleich erscheinen. Zur äußeren Hälfte der Netzhaut gehört aber wegen der Linsenumkehrung die innere Hälfte im Gesichtsfeld. Auf dem gleichen Grund der mangelnden Übereinstimmung der Netzhäute beruhen andere Gesetzmäßigkeiten, die *Witasek* in einem Schema (Fig. 31) zusammenfaßt. Bei Halbierung der vertikalen Strecke fand sich der obere Abschnitt regelmäßig kleiner.

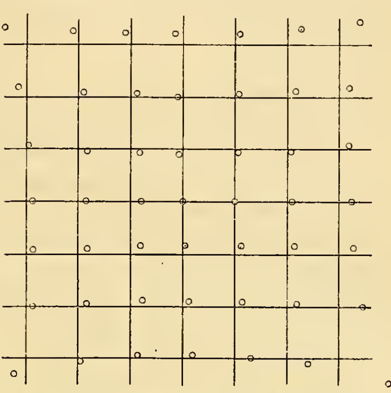


Fig. 31. Schematische Darstellung der Ungleichheiten beider Netzhäute (nach *Witasek*). Die Kreuzungspunkte der Geraden bedeuten Netzhautelemente der rechten Netzhaut, die Kreise die zugehörigen Punkte der linken.

Über die Genauigkeit der Teilschätzungen in der wissenschaftlichen Beobachtung urteilt *C. Müller* (FsPs 4 [1916] 1 ff.): Am schärfsten wird immer die Feldmitte geschätzt; am unsichersten ist die Schätzung in $^1/_4$ oder $^3/_4$; der kleinere Feldteil wird in der Regel zu klein gefunden. Die Schärfe der Schätzung kann durch Übung und Aufmerksamkeit wesentlich erhöht werden. — *Bauch* (FsPs 1 [1913] 169 ff.): Ließ man eine Strecke auf Zehntel schätzen, so waren regelmäßig die Randzehntel vor den Mittenzehnteln bevorzugt; der Unterschied war nicht sehr groß, aber sehr konstant. Ließ er auf Hundertstel schätzen, so ragten unter den Hundertsteln die 0 und 5 besonders hervor; die unmittelbar darangrenzenden Ziffern waren benachteiligt. Das liegt offenbar an der größeren Schwierigkeit. Dieselbe Bevorzugung runder Zahlen zeigten auch sonstige Schätzungen, die nicht genau zu leisten waren, z. B. bei absoluten Schätzungen verschieden langer Zeiten bei *Urban,* bei Helligkeitsschätzungen der Sterne von *Großmann.* Der Grund der letztern Erscheinung ist klar; wo eine genaue Schätzung aussichtslos ist, gibt man sich mit runden Zahlen zufrieden. Aus gleichem Grunde werden oft von Ungebildeten die Altersangaben in runden Zahlen gemacht. Für die Gesetzmäßigkeit der Zehntelschätzung führt *Bauch* an, daß die Begrenzungslinien des Feldes die Aufmerksamkeit besonders auf sich ziehen; daraus folgt dann, daß der zu schätzende Punkt dieser Begrenzungslinie angenähert wird. Die Tatsache dieser Annäherung steht nach *C. Müller* fest. — *Urban* (ArGsPs 31, Lit.-Ber. 1 ff.) berechnet aus den Angaben *Bauchs:* Die Abstände von den Enden werden unterschätzt; die Mitten werden ziemlich genau geschätzt.

d) Die Beurteilung absoluter Richtungen. Die subjektive Horizontale, welche durch den Fixationspunkt geht, stimmt mit der objektiven Horizontalen ziemlich genau überein; Abweichungen sind selten und klein. Anders ist es mit der scheinbaren Vertikalen. Wenn man diese bei Fixation mit einem Auge herstellen läßt, so weicht sie regelmäßig sehr merklich von der wirklichen Vertikalen ab, gewöhnlich etwa 1° nach außen am obern Ende. Nur dann erscheint, einäugig betrachtet, eine vertikale Linie wirklich vertikal, wenn andere Objekte von bekannter Lage sichtbar sind. Ähnliches gilt auch für die parallelen Schnitte. Die Netzhautpunkte, die von den Meridianen gleich weit abstehen, machen auch im Gesichtsfeld den Eindruck gleichen Abstandes.

Hoppeler (ZPs 66, 249 ff.): Läßt man im Dunkeln den Blick sich möglichst genau horizontal einstellen, so gehen die Fehler normal bis etwa 2° über und 6°

unter die wirkliche Horizontale. Eine gewisse Senkung des Blickes scheint dem Ruhezustand des Auges zu entsprechen. *Bourdon:* Die Bestimmung der mittleren Ebene ist im Hellen, wo viele andere Objekte sichtbar sind, sehr genau. Die mittlere Abweichung des 2 *m* entfernten Objektes war 9 *mm*; das rechte Auge allein verlegte etwas mehr nach rechts, das linke allein etwas mehr nach links, aber mit gleichem mittleren Fehler. Im Dunkeln war der Fehler 5mal größer. Wenn Kopf und Rumpf nach rechts gedreht sind, erscheint der angeblickte Gegenstand rechts; aber man gewöhnt sich nach einiger Zeit an die eigene Haltung; dann kann derselbe Punkt geradeaus erscheinen. Dasselbe geschieht bisweilen auch, wenn nur der Kopf oder nur die Augen lang genug nach rechts schauen. Oder der Punkt erhält dann eine doppelte Lokalisation, geradeaus und rechts.

Die Kopfhaltung hat auch einen Einfluß auf die Längenschätzung, wie schon *Gauß* angab. Nach *Stroobant* wird eine mit erhobenem Blicke betrachtete Strecke gegenüber einer horizontal gesehenen um 20 % unterschätzt. *Guttmann* fand nur eine Unterschätzung von $^1/_{30}$. Nach *Zoth* nimmt bei einer Blickerhebung aus mechanischen Gründen die Konvergenz der Augen ab; das muß durch verstärkte Anstrengung ausgeglichen werden; damit ist aber, wie auch sonst bekannt, eine subjektive Verkleinerung des Objektes verbunden. — *Al. Müller* (ZPs 40, 74 ff.) fand übrigens, daß eine mit erhobenem Blicke betrachtete Strecke überschätzt wird. Dieser Gegensatz bleibt aufzuklären.

Den Einfluß der Kopfhaltung auf die Schätzung der Vertikalen untersucht *G. E. Müller* (ZPs II 49 [1915] 109 ff.): Wird im Dunkelzimmer eine vertikale Leuchtlinie mit einem um 90° nach rechts geneigten Kopfe betrachtet, so scheint sie meist oben nach links geneigt: das *Aubert*sche Phänomen (*A-Ph*); bei geringerer Kopfneigung dagegen ist die Erscheinung oft entgegengesetzt, eine gleichsinnige Neigung: das *E*-Phänomen. Nehmen wir zur Erklärung zunächst an, daß keine Rollung der Augen stattfinde, so ist die Linie auf der Netzhaut so abgebildet, wie es bei normaler Haltung eine Horizontale wäre. Wenn dieser Augenschein die Wahrnehmung allein bestimmt, sehen wir also die Linie horizontal; wenn dagegen die Wahrnehmung die Neigung des Kopfes vollständig in Anrechnung bringt, müßte uns die Linie vertikal erscheinen (*G. E. Müller* spricht entsprechend seiner Lehre von den egozentrischen Bezugssystemen [S. 225], von der Standpunkts- und Blickkomponente, *S*- und *B*-Komponente). Wirken beide Ursachen zusammen, so wird sich je nach ihrer relativen Stärke irgend ein mittleres Resultat ergeben. Nun ist aber noch zu beachten, daß bei der Seitwärtsneigung des Kopfes eine gewisse Gegenrollung der Augen stattfindet; die von der vertikalen Leuchtlinie getroffenen Netzhautpunkte sind also nicht der horizontale Meridian, sondern sind im Sinne des Uhrzeigers dagegen verschoben. In den Grenzfällen der *S*-Komponente wird also die Linie statt horizontal vielmehr von links oben nach rechts unten gehend gesehen, im Fall der *B*-Komponente dagegen gleichsinnig mit der Kofneigung. Außerdem ist die subjektive Lokalisation des Kopfes zu beachten, die von der objektiven abweichen kann.

Nach den genaueren Versuchen gibt es einen *A*-Typus und einen *EA*-Typus. Beim *A*-Typus herrscht die *S*-Komponente vor; der Betreffende sieht die Vertikallinie bei jeder erheblichen Kopfneigung gegensinnig geneigt, um so mehr, je ausgiebiger die Kopfneigung ist. Hierhin gehörten *Aubert* selbst und manche seiner Beobachter, *Nagel* und andere. Beim *EA*-Typus herrscht die *B*-Komponente vor; bei mäßiger Kopfbewegung ist da die Linie gleichsinnig geneigt, was bei weiterer Neigung bis zu einem Höchstwert zunimmt (bei 40—60°), dann zurückgeht bis zur Vertikalen und darauf in gegensinnige Neigung übergeht. So war es bei *Sachs* und *Meller*, *Mulder*, *Bourdon*. Die angegebenen Gesetze gelten aber nur für die großen Mittel; im einzelnen sind die Phänomene recht veränderlich, auch für dieselbe Person.

Läßt man die Betrachtung der Linie bei geneigtem Kopfe länger andauern, so pflegt die *A*-Stellung im Gegensatz zur *E*-Stellung zuzunehmen. Daneben kommen sprunghafte Scheinbewegungen vor: Die Leuchtlinie scheint nach der Tiefe zu schweben oder gleitet in die Höhe, so daß der Eindruck entsteht, dazu emporzublicken. Der Grund des Abnehmens der *E*-Stellung ist wohl, daß die schiefe Haltung vergessen wird. Nach *Mulder* und *Nagel* kann man die Erscheinung auch im Hellen beobachten, wenn man eine Röhre benutzt, die die andern Gesichtsobjekte ausschließt; manche können bei gehöriger Konzentration dasselbe auch ohne Röhre wahrnehmen.

3. Die geometrisch-optischen Täuschungen sind Störungen der richtigen Auffassung oder Vergleichung von Raumgrößen. Ihre Erklärung, die einstweilen erst in den Anfängen steht, wird sicher auch auf die normale Auffassung der Raumgrößen Licht verbreiten. Es sollen hier nur einige typische Klassen von Täuschungen aufgezählt und die Richtungen angedeutet werden, in denen man ihre Erklärung sucht.

a) Leicht verständlich sind einige Täuschungen, welche auf der Unvollkommenheit des Apparates beruhen. So die Irradiationstäuschungen: helle Flächen werden in ihrer Größe überschätzt, dunkle unterschätzt; ein weißes Quadrat auf schwarzem Grunde erscheint größer als ein gleich großes schwarzes Quadrat auf weißem Grunde. Ein helles Licht macht in die gerade Kante eines Lineals, durch das es halb verdeckt wird, scheinbar einen Einschnitt, am tiefsten an den hellsten Stellen. Nach *Volkmann* können gelegentlich auch schwarze Linien auf weißem Grunde irradiieren, was *Aubert* bestätigt (die negative Irradiation). Indem sich das Licht über den Rand weiter ausbreitet, geht es am eigenen Rande zurück. Unter gewissen Umständen leitete *Lehmann* daraus rechnerisch ab, daß die schwarze Grenze ausnahmsweise vorrücken kann.

Lehrreich sind die Metamorphopsien. Wird die Netzhaut durch eine Krankheit verzerrt, so wird ein regelmäßiges Gitter verzerrt gesehen. Offenbar nimmt jeder Netzhautpunkt in die neue Lage den Höhen- und Breitenwert mit, den er vorher hatte. Die Verzerrung verschwindet bisweilen. Nach *Wundt* ist da nicht anzunehmen, daß die Netzhaut genau in die alte Lage zurückkehrte, sondern die Erfahrung lehrt uns den Fehler ausgleichen. Ebenso ist es bei einer neuen Brille, wo die anfänglichen Verzeichnungen (die dioptrischen Metamorphopsien) durch Gewöhnung überwunden werden und bisweilen später nach Absetzen der Brille zunächst eine entgegengesetzte Störung auftritt.

Auf physiologische Ursachen weisen ebenso manche „konstante Strecken- und Richtungstäuschungen" hin. So die *Kundt*sche Halbierungstäuschung. Die konstante Überschätzung der vertikalen Linien gegenüber den horizontalen: ein wirkliches Quadrat erscheint leicht als überhohes Rechteck, nach gewöhnlicher Angabe um 3—4 %. Man will den Grund darin sehen, daß die Bewegungsenergie bei Zurücklegung vertikaler Strecken größer sei als für horizontale. Andere sprechen von einer Assoziationstäuschung. Das Vertikale wird oft als Projektion eines in die Tiefe Gehenden betrachtet und weist deshalb auf eine größere Länge hin.

Die Überschätzung der obern Distanz. In einer gedruckten 8, die meist symmetrisch nach oben und unten erscheint, ist gewöhnlich die obere Hälfte kleiner, wie man sofort bemerkt, wenn man den Druck umkehrt. Dasselbe gilt bei dem S.

b) Wesentlich dunkler sind die variablen Strecken- und Richtungstäuschungen. Einige Typen derselben sind:

Die Täuschung nach *Oppel* und *Hering:* Geteilte Strecken, Winkel, Quadrate usw. erscheinen größer als ungeteilte gleich große; *BC* erscheint größer als *AB*; ebenso

erscheinen ausgefüllte Strecken größer als leere, *EF* größer als *DE* (Fig. 32). Das linke Quadrat erscheint überhöht, das rechte in die Breite gezogen. Einige beziehen das auf die Blickbewegung, die bei Teilungspunkten immer aufgehalten werde.

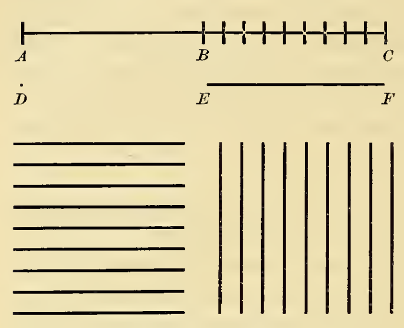


Fig. 32. Geteilte und ausgefüllte Strecken erscheinen länger.

Die *Müller-Lyer*sche Täuschung: *AB* größer als *BC* (Fig. 33). Werden die Ansatzlinien verlängert, so nimmt die Täuschung bis zu einem gewissen Grade der Verlängerung zu, von da an ab. Die eine Strecke kann um ein volles Viertel größer erscheinen als die andere. Erklärungsversuche sind neben vielen andern: Man urteilt über die Länge der Linie, indem man mit dem Blick ihr entlang fährt. Da wird man aber durch die Anhängsel der Linie verleitet, über die eigentlichen Endpunkte hinauszufahren oder vorher stehen zu bleiben. *Einthoven* gab eine rein physiologische Erklärung aus Zerstreuungskreisen. Da man beim Fixieren der Mitte der Linie die Endpunkte indirekt sieht, verwechselt man das verschwommen gesehene Endgebilde der Anhängsel mit dem scharfen Endpunkte. Indessen nimmt die Täuschung zu, wenn die Figur vom Auge weggerückt wird. so daß nun alles innerhalb der Region des deutlichen Sehens bleibt.

Mit der vorigen Täuschung verwandt sind die Trapezfiguren, wo die untere größer erscheint als die obere (Fig. 34). *Wittmann:* Dieser Täuschung liegt zu Grunde, daß man die innern Begrenzungslinien miteinander vergleicht.

Ein reiches Kapitel von Täuschungen führt man auf das Prinzip zurück, daß kleine Winkel überschätzt werden. So die *Zöllner*sche Figur (Fig. 35), worin wirkliche Parallele wegen kreuzender kleiner Striche abwechselnd gegeneinander schief erscheinen. Hier scheint die Vergrößerung der spitzen Winkel um so stärker, weil sie bei den aufeinanderfolgenden Parallelen in verschiedener Richtung wirkt. Nach *Helmholtz* beruht der größere Teil der Täuschung hier auf Augenbewegungen. Die Täuschung verschwinde beim Fixieren und im Nachbild oder bei momentaner Darbietung. Eine Anwendung der Täuschung bietet Figur 36. wo die zwei Geraden durch das Strahlenbüschel scheinbar geknickt werden.



Fig. 33. *Müller-Lyer*sche Figur.

Ähnlich die *Poggendorff*sche Figur (Fig. 37). Das Mittelstück der kreuzenden Geraden scheint nicht die Fortsetzung der beiden äußern Stücke zu sein, sondern sich dagegen zu drehen, als ob es einen größeren Winkel mit den Balken machte. Auf dieselbe Täuschung der kleinen Winkel kann man beziehen: Wird einem Kreis ein Quadrat eingeschrieben. so scheint der Kreisbogen an den von den Quadratecken berührten Stellen flacher als sonst und die Quadratseiten etwas nach innen eingebogen. Besonders eindringlich werden diese Täuschungen bei *Wingender* (ZPs 82 [1919]), der die Hauptlinien erst allein bietet, die Nebenlinien nach Belieben hinzutreten oder verschwinden läßt. Mit ihrem Hinzukommen bewegen sich dann die Hauptlinien, was Zeit braucht. Wird der Phasenwechsel beschleunigt, so sind schließlich die Hauptlinien in beständiger Bewegung, so bei 0,32 bis 0,43″. Nimmt man die Schnelligkeit noch größer, so kehren die Hauptlinien nicht mehr vollständig zurück. sondern verharren in der Täuschungsgestalt, obwohl man die Nebenlinien noch deutlich kommen und gehen sieht. Die Erfassung der Gestalt braucht mithin länger als das Auftreten der Nebenlinien. Die Grenze, bei der die Täuschung eben verharrt, heiße die kritische

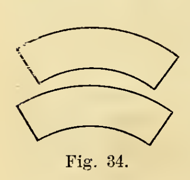


Fig. 34.

Geschwindigkeit; dann liegt diese bei unsern Täuschungen (der *Zöllner*schen, *Müller-Lyer*schen usw.) bei $^1/_4''$.

Gelb (6 CgEPs [1914] 36 ff.) beweist eine deutliche Beeinflussung der Raumstrecken durch die zeitlichen Verhältnisse. Es wurden drei momentan aufleuchtende



Fig. 35. *Zöllner*sche Figur.

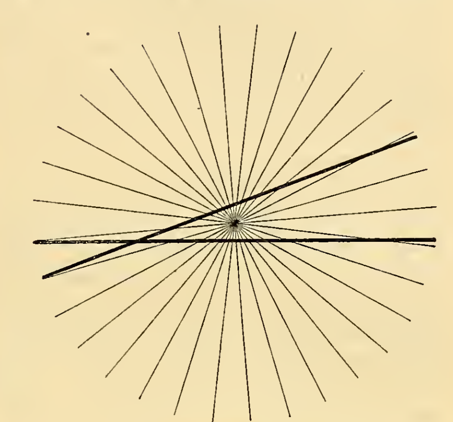


Fig. 36. Täuschungsfigur nach *Höfler*.

Lichtpunkte nacheinander dargeboten, die in einer Geraden lagen; dann erschien die zeitlich kürzere Strecke oft auch räumlich kürzer. Ähnliche Erscheinungen boten sich auch beim Drucksinn und der Schallokalisation, so daß wir eine ganz allgemeine Täuschung vor uns haben.

c) Im allgemeinen stehen sich bei dieser Klasse von Täuschungen physiologische und psychologische Erklärungen verschiedenster Art gegenüber. Man denkt sich entweder schon die Empfindung durch abnorme Verhältnisse verändert, oder setzt die Abweichung in die Bedingungen, welche die Auffassung, das Vergleichungsurteil zustande kommen lassen, wie das besonders *Schumann* durchgeführt hat (ZPs 23 24 30 36).

Lehmann findet, daß die *Zöllner*sche Täuschung ausbleibe, wenn man Haupt- und Nebenlinien stereoskopisch vereinige, was andere bestätigen, und führt deshalb die Täuschung auf Irradiation zurück. *Benussi* dagegen findet die Täuschung dann nur verkleinert, ebenso *Hofmann* und *Bühler*, was begreiflich ist, da der Wettstreit die Entscheidung erschwert und eine Konzentration der Aufmerksamkeit bewirkt, die der Täuschung ungünstig ist. Ebenso spricht gegen die periphere Deutung, daß die Täuschung bleibt, wenn man die Nebenlinien nur vorstellt, wenn man Haupt- und Nebenlinien kinematographisch nacheinander bringt, wenn man die Hauptlinien als Nachbild auf eine Sternfigur entwirft, wo doch keine physikalische Irradiation stattfindet.

Fig. 37. Täuschung von *Poggendorff*.

Für die zentralen, psychologischen Bedingungen spricht die willkürliche Deutung mancher Figuren, die man nach Belieben abändern kann. Man kann sich einstellen, die Gestalt als einheitliches Ganzes zu sehen, wo die Täuschung sehr stark ist, oder aber die Hauptlinien allein zu beachten, wo sie wegfällt. Die Figur kann man einmal im Sinne der *Müller-Lyer*schen Figur sehen, indem man die isolierten Punkte mit den benachbarten Endpunkten der Linie verbunden denkt, dann wieder als horizontale Linie, die durch zwei vertikale gekreuzt wird, endlich ganz ohne Rücksicht auf die Punkte. Diesen drei Gestalten entsprechen aber ganz verschiedene Täuschungsgrößen: im ersten Falle wird die Linie verkleinert, im zweiten vergrößert, im dritten nicht

beeinflußt. Nach *Schumann* ist die *Müller-Lyer*sche Täuschung besonders stark bei ganz flüchtigem Betrachten, geht aber bei längerer Fixation zurück. Es werden gewöhnlich nicht die Endpunkte klar genug herausgesondert, sondern statt ihrer treten die ganzen Endgebilde in den Vordergrund, weshalb sich die Vergleichung auf ein falsches Objekt bezieht. In ähnlicher Weise weist er nach, daß bei den meisten hierher gehörigen Täuschungen das Vergleichungsurteil auf Nebeneindrücken beruht, welche durch die abnormen Umstände in falscher Weise angeregt werden. Das Kommen und Gehen der Täuschung bei *Wingender* beweist übrigens, daß nicht eine reine Urteilstäuschung vorliegt, sondern der anschauliche Tatbestand selbst verändert wird, ähnlich wie beim Tiefensehen einer ebenen Zeichnung.

4. Die Ausfüllung des blinden Fleckes. Man kann die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt ziehen durch ein Kreuz von verschiedenfarbigen Balken, deren Kreuzungsstelle vom blinden Fleck überdeckt wird. Nach manchen füllen wir diesen Fleck mit der Phantasie aus, nach *Volkmann* sogar auch mit freilich unleserlicher Druckschrift, wenn man ein bedrucktes Blatt betrachtet. *Helmholtz* dagegen fand, nachdem er größere Übung erlangt hatte, daß er die Kreuzungsstelle nicht bemerke. Es entspricht dem blinden Fleck überhaupt keine Empfindung, es wird nicht etwas aus der Nachbarschaft übertragen. Man sieht hier streng genommen nichts, nicht einmal die Grenze der sichtbaren Objekte, genau wie hinter dem Rücken. *Hofmann* verwirft diese Behauptungen. Man kann den blinden Fleck unter Umständen im Dunkeln als dunkle Scheibe mit hellem Lichthof sehen; ebenso wird er bei Druck auf das Auge sichtbar, bei elektrischer Durchströmung, wenn im ersten Moment die Aderfigur auftritt, beim Betrachten einer gleichmäßigen Fläche, verschwindet aber wie die Aderfigur in Bruchteilen einer Sekunde durch Lokaladaptation. Zur Erscheinung trägt nach *Hofmann* das geschlossene Auge bei, daneben der Kontrast; nachher breiten sich die umgebenden Teile darüber, nehmen aber die Raumwerte des Fleckes an.

Fuchs (ZPs 86 [1922]) glaubt die Verschiedenheit der Ausfüllung aus der Gesamtgestalt der Umgebung erklären zu können. Vom Kreuze mit verschiedenfarbigen Balken erscheint immer der, der gerade am schärfsten als gesonderte Gestalt sich aufdrängt. Die Druckschrift kann als einheitliche Gestalt aufgefaßt werden, wo sie grau erscheint; oder so, daß die Zeilen die eigentliche Gestalt sind und als unleserliche Streifen erscheinen; oder es heben sich einzelne Buchstaben oder Wörter als Einzelgestalten heraus, die man dann lesen kann; nur ist dann die Gestalt der Zeilen zerfallen und unlesbar. Daß man bei Hinlenkung der Aufmerksamkeit auf den Fleck nichts sieht, wie *Helmholtz* und *Aubert* finden, folgt daraus, daß dann die Gestalt der Umgebung zerstört wird.

Weiter wird gestritten, ob der blinde Fleck die Umgebung in ihren quantitativen Verhältnissen beeinflusse. Nach *Wittich* und andern werden die nächstgelegenen Objekte gegen die Lücke hingezogen. *Weber, Volkmann, Helmholtz,* nach *Tschermak* überhaupt die meisten, sehen dagegen die Umgebung in ihrer natürlichen Lagerung, d. h. zwei Punkte, die durch diese Stelle getrennt sind, sehen gerade so weit voneinander entfernt aus als an anderer Stelle der Netzhaut.

§ 3. Das Gesetz der identischen Sehrichtungen.

Literatur. *F. Hillebrand,* Die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen, in ZPs 54 (1900) 1 ff. — *F. B. Hofmann,* Die neuen Untersuchungen über das Sehen der Schielenden, in Ergebnisse der Physiologie 1. Jahrg., 2. Abt., 800 ff. — *W. Fuchs,* Untersuchungen über das Sehen der Hemianopiker und Hemiamblyopiker, in ZPs 84 (1920) 67 ff.; ders., Eine Pseudofovea bei Hemianopikern, in PsFo 1 (1921) 157 ff.

Das Bisherige gab uns Aufschluß über die relative Lage der Gesichtsobjekte nach Höhe und Breite, also im Gesichtsfeld, das von der Tiefe noch absieht. So sehen

wir zunächst mit einem Auge die Gesichtsobjekte, oder annähernd auch mit zwei Augen, wenn es sich um sehr ferne Objekte handelt, z. B. um den Sternenhimmel, wo wir bloß zwei Dimensionen beachten. Nun fragen wir nach der Gestalt des Sehfeldes bei Betrachtung mit zwei Augen und bei nahen fixierten Objekten. Wie ordnen sich dann die von beiden Augen gesehenen Objekte nebeneinander, wenn wir noch die Tiefe vernachlässigen? Sehen wir vielleicht dann dasselbe Objekt in zwei verschiedenen Richtungen, entsprechend den zwei Augen, oder in einer einzigen, und dann in welcher? Entspricht die gesehene Richtung der objektiven Richtung oder nicht?

Die älteste Antwort darauf gab die Projektionstheorie, die sich bei *Locke*, *Berkeley*, auch *Kepler*, *Scheiner* und andern findet; danach projiziert der Beobachter den Reiz einer Stelle der Netzhaut wieder rückwärts in den Raum, und wo sich die Fixierlinien beider Augen schneiden, wird der Punkt gesehen. Nach *Porterfield*, *d'Alembert* und andern erfolgt diese Projektion längs der Senkrechten im entsprechenden Punkte der Netzhaut. Nach *Volkmann* geht die Projektionslinie durch den Knotenpunkt. Ähnlich *Panum*, *Donders* und andere ältere Physiologen.

Offenbar kann diese Theorie nicht als psychologische Erklärung verstanden werden, als ob die Seele in der Gesichtswahrnehmung auf solche Weise den Objektpunkt aufsuche. Von der Lage des gereizten Netzhautpunktes wissen wir nichts, noch weniger von dem Knotenpunkt, über den hinaus eine Verbindungslinie verlängert werden könnte. In diesem Sinne nannte schon *Joh. Müller* die Theorie eine Mystifikation. Durch eine bloße physikalische Zurückwanderung der Lichtstrahlen aus dem Auge aber wird für unsre Erkenntnis nichts gewonnen. Man kann also heute die Projektionstheorie höchstens in dem Sinne auffassen, daß sie den Tatbestand richtig beschreibe, wenn auch nicht erkläre. Man könnte sagen wollen: es ist so, als ob die Seele den Ort der Netzhaut erkennte, den Strahl in dieser Weise rückwärts verlängerte usw.

Indessen nicht einmal das ist richtig, wie schon *Hering* und *Helmholtz* weitläufig zeigten. Die Projektionstheorie fordert ja nach ihrem Prinzip Übereinstimmung des Sehraumes und des wirklichen Raumes. Dann sind alle die Strecken- und Richtungstäuschungen, wie die *Kundt*sche Teilungstäuschung, die Abweichungen der Vertikalen, unerklärbar. Nach der Theorie müßte jeder Objektpunkt einfach erscheinen, während die meisten Doppelbilder geben usw.

Eine befriedigendere Lösung brachte *E. Hering*. Die Gesichtseindrücke werden nicht in einem Außenraum projiziert, sondern es wird ein subjektiver Raum in dem Erkenntnisbild aufgebaut, der dem objektiven allmählich ähnlicher wird. Ebenso *Mach*, *Stumpf* usw. Den Grundgedanken der Theorie und die Antwort auf unsre Frage nach der Flächenlokalisation im zweiäugigen Sehraum gibt

1. das Gesetz der identischen Sehrichtungen von *Hering*. Der Fundamentalversuch ist folgender: Man fixiert einen nahen Punkt, etwa einen Tintenfleck *F*, auf einer Fensterscheibe und richtet es so ein, daß in der Richtungslinie des einen Auges ein fernes, von der Umgebung sich gut abhebendes Objekt liegt, etwa ein Baum *B* (man findet das, indem man das andere Auge schließt und nun Fleck und Baum in dieselbe Richtung bringt), in der Richtungslinie des andern ein weit seitlich von dem ersteren gelegenes anderes Objekt, etwa ein Haus *H*. Fixiert man nun

mit beiden Augen gleichzeitig *F*, so sieht man in derselben Richtung hintereinander *F*, *B*, *H*. Dasselbe gilt natürlich auch von allen Objekten, die auf den beiden Fixierlinien näher als *F* liegen (Fig. 38).

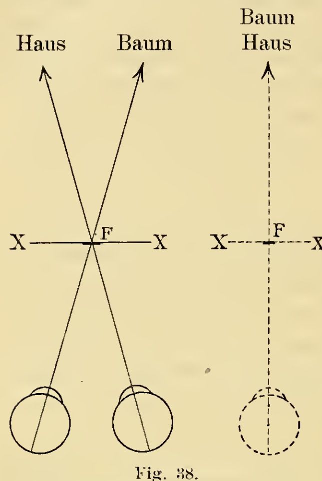


Fig. 38.
Der Fundamentalversuch von *Hering*.

Beim Ausprobieren der einäugigen Sehrichtungen in der Vorbereitung hat man den deutlichen Eindruck, daß die Sehrichtungen des nahen Fixationspunktes verschieden sind, sich kreuzen. Um so überraschender ist es, daß sie beim zweiäugigen Sehen dann zusammenfallen. Also: alle Objekte, die auf beiden zusammengehörigen (fixierenden) Sehrichtungen liegen, werden im Sehraum auf derselben (identischen) Sehrichtung vereinigt. Und zwar gilt das nicht bloß von den beiden Fixierlinien, sondern auch von jedem andern Paar zusammengehöriger Richtungslinien. So haben (Fig. 39) $b_1 K_1$ und $b_2 K_2$ in $b K$, $c_1 K_1$ und $c_2 K_2$ in $c K$ ihre identische Sehrichtung, in der alles gesehen wird, was auf den beiden objektiven Linien wirklich liegt. Daraus folgt sofort, daß die meisten wirklichen Punkte in Doppelbildern erscheinen. Denn was hinter oder vor dem Fixierpunkt auf der einen Fixierlinie liegt, liegt ja zugleich auf einer Nebenrichtungslinie des andern Auges.

Hillebrand erklärt die Bedeutung dieses fundamentalen Gesetzes eingehender (ZPs 54 [1900] 1 ff.): a) Bei unendlich fernen Punkten (Sternen) erscheint jedes Objekt einfach, in derselben größten Entfernung für beide Augen und derselben Richtung, an einem Ort im Sehraum, d. h. der fernen Sehfläche. Die Teilbilder der beiden Augen setzen sich zu einem sich überdeckenden Gesamtbild zusammen. Deckt man ein Auge ab, so bekommt das andere das unveränderte Bild. Also zu jedem Punkt der einen Netzhaut gehört ein bestimmter Deckpunkt (korrespondierender, identischer Punkt) der andern. Die Deckpunkte haben die Eigentümlichkeit, daß das Sehobjekt an demselben Ort des Sehraumes liegt, ob der eine oder der andere Punkt gereizt wird. Der scheinbare Ort jedes Sehobjekts ist mithin eindeutig abhängig vom Netzhautpunkt oder auch Netzhautpunktpaar. Wohin dieser ganze Sehraum lokalisiert wird, davon sagt dieses Gesetz nichts, sondern nur von der Lokalisierung innerhalb des jeweiligen Sehraumes. Schon hier hat man also identische Sehrichtungen beider Augen, nur mit der Einschränkung auf parallele Augenstellung und deshalb in Übereinstimmung mit den wirklichen Richtungen. Das wäre noch mit einer Art Projektion vereinbar.

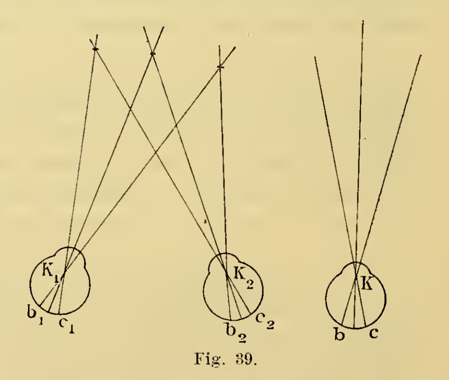


Fig. 39.

b) Was *Hering* nun hinzufügte, ist, daß die unter den vorigen Umständen identischen Punkte diese Eigenschaft bei beliebiger Stellung und Richtung der Augen beibehalten. Die vorige Einschränkung kann also fallen. Nach dem Fundamentalversuch besteht die Identität der Sehrichtungen auch trotz größter Verschiedenheit der wirklichen Richtungen der Objekte (zwischen *B* und *H*), freilich nur für das eine Halbbild. Das ist mit der Projektionstheorie nicht mehr vereinbar. Hierbei bleibt nicht mehr Richtung und Entfernung gleich wie bei den unendlich fernen Punkten, sondern die Richtung allein; die Entfernung werden wir später festlegen. Also die Objekte, welche sich auf zusammengehörigen Stellen beider Netzhäute abbilden, erscheinen in derselben Richtung, d. h. entweder in demselben Punkte des Sehraumes oder wenigstens in einer Geraden, einer Sehrichtung hintereinander. Das ist das Wesentliche des Gesetzes der identischen Sehrichtungen, das die relative Ordnung der Sehpunkte nebeneinander festlegt. Der Inhalt der beiden Fixierlinien erscheint auf einer gemeinsamen Hauptsehrichtung: alles, was auf andern zusammengehörigen Richtungslinien liegt, erscheint auf je einer identischen Nebenrichtung. Der Winkel zwischen Haupt- und Nebenrichtung ist ungefähr derjenige der betreffenden wirklichen Richtungslinien mit der jeweiligen Fixierlinie. „Ungefähr": denn einmal liegen die korrespondierenden Punkte selbst nicht genau gleich weit vom Zentrum (*Kundt*sche Täuschung), und ferner braucht der Winkelwert im Sehraum demjenigen im wirklichen Raume nicht gleich zu sein: das bleibt einer weiteren Untersuchung vorbehalten.

Hillebrand: Bilder, die auf einem solchen Stellenpaar liegen, können durch keine Änderung der Augenstellungen in zwei gespalten werden. Schon *Volkmann* zeigte, daß das Nachbild einer Linie nicht verdoppelt werden kann, die Nachbilder einer Doppellinie nicht verschmolzen werden, was auch *Bourdon* bestätigt. Nach *Rogers* kann man auch ein Nachbild in einem Auge bilden, dann ein zugehöriges zweites im andern Auge und nun beide im Sehen miteinander vereinigen. *Jaensch* ahmte dasselbe mit Anschauungsbildern nach. Er ließ ein Auge den nahen Punkt, hinter dem der Gegenstand O in der Ferne lag, fixieren, dann das andere Auge den nahen Punkt, hinter dem der andere ferne Gegenstand P aufgestellt war, dann das Anschauungsbild entwickeln und mit beiden Augen den nahen Punkt fixieren. Dann sahen fast alle Beobachter (14 von 16) O und P hintereinander liegen. Ließ die Konvergenz der Augen nach, so traten hier freilich die Bilder auseinander.

Oft wird in den Ausdruck des Gesetzes noch hineingezogen, daß das fixierte Objekt in der „Richtung der binokularen Blicklinie" lokalisiert werde, d. h. in der Geraden, welche den fixierten Punkt mit der Mitte zwischen den beiden Augen, dem gedachten „Zyklopenauge", verbindet. Ebenso erscheint dann bei schiefer Richtung beider Augen der Fixierpunkt in der Richtung, welche er dann von diesem angenommenen Auge aus hätte. Die herangezogene Tatsache ist hiermit freilich annähernd richtig ausgesprochen. So schon *Helmholtz*: Unser natürliches Sehen ist binokular. Wir beurteilen die Körperlagen nicht in Bezug auf die einzelnen Augen, sondern auf den Rumpf; die Richtung der einzelnen Augen kennen wir kaum, wohl aber die mittlere Richtung beider. Deshalb ist das Zyklopenauge ein richtiger Ausdruck für die Tatsachen.

Aber diese Tatsache ist mit dem Gesetz selbst nicht zu vermengen. Schon *Hering* bemerkte, daß bei manchen Menschen das Sehrichtungszentrum gegen das eine Auge verschoben sei, daher die Lokalisation nicht im Sinne der binokularen Blicklinie erfolge, während das Gesetz der identischen Sehrichtungen weiter gelte. Das ganze System der Sehrichtungen wird alsdann verschoben, aber dieses wird nicht in sich verändert. *Hillebrand:* Wir lokalisieren im Sinne der binokularen Blicklinie nur dann, wenn keine Erfahrungsmotive etwas anderes über die Lage des Kopfes usw. aussagen.

Erfolgt die Blickbewegung bei Ausschluß des einen Auges willkürlich, so glaubte *Hering,* daß auch dann die Verlagerung des ganzen Sehraumes im Sinne der geänderten binokularen Blicklinie vor sich gehe. Hat man nämlich ein fernes, rechts gelegenes Objekt mit beiden Augen betrachtet, schließt dann das rechte Auge und fixiert mit dem linken einen nahen Punkt in der alten Gesichtslinie, so tritt eine Scheinbewegung des Objektes in der Richtung nach der Mitte ein. Hier verändert sich offenbar die Richtungslinie des offenen Auges gar nicht, sondern nur die Stellung des geschlossenen, welches nun konvergiert. Also auch die Richtung des geschlossenen Auges hat Einfluß auf die Beurteilung der Sehrichtung. Freilich behauptet er nicht, daß diese Scheinbewegung der Größe nach der bei zweiäugiger Betrachtung gleichkomme. Auch sonst kann es nach ihm geschehen, daß, wenn man mit einem Auge sieht, die Sehrichtungen zunächst so bleiben wie vorher bei zweiäugigem Sehen. Einäugige dagegen oder solche, die ein Auge ganz besonders ausgebildet haben, verfallen dieser Täuschung nicht leicht. Ein Beispiel für einäugige Art des Sehens war *v. Kries,* der seine beiden Augen einzeln besonders eingeübt hatte und bei dem häufig ein Wettstreit eintrat, indem die Objekte bald von links bald von rechts her vorgestellt wurden.

Das Wort Sehrichtung darf natürlich nicht so aufgefaßt werden, als ob der Ort des sehenden Auges selbst Gegenstand der Wahrnehmung sein müßte, der höchstens dazu vorgestellt wird, und das recht ungenau. Die Sehrichtung im Sinne des Gesetzes ist etwas unmittelbar und anschaulich Gegebenes, nämlich der Ort in der Sehfläche (mit Abstraktion von der Tiefe). Zwei Objekte hintereinander haben dieselbe Sehrichtung, wenn sie sich für das Sehen decken, was unmittelbar bemerkt wird.

Fig. 40. Normale Korrespondenz der Netzhäute bei Schielenden (nach *Hofmann*).

Wenn man eine Marke abwechselnd mit zwei Augen und mit einem betrachtet, tritt oft eine wesentliche Verschiebung ein. Wie *Hillebrand* nachwies (ZPs 54), beweist das nicht etwa, daß den korrespondierenden Netzhautpunkten bei ein- und zweiäugigem Sehen verschiedene Raumwerte zukommen, sondern es liegt daran, daß mit jeder Akkommodation verschiedene Konvergenzgrade vereinbar sind und deshalb bei einäugigem Sehen die Konvergenz des verdeckten Auges verändert werden kann, also eine Augenbewegung eintritt. Denselben Grund bringt schon *Bourdon.* Verhindert man jede Augen-

bewegung durch schnellen häufigen Wechsel zwischen ein- und zweiäugigem Betrachten, so bleibt die seitliche Verschiebung aus (*Benussi*, ArGsPs 33).

2. Die Sehrichtungen bei Schielenden (*Hofmann*). Sie bilden eine lehrreiche Bestätigung zum Sehrichtungsgesetz. Beim Schielen sind die Augen gegeneinander verlagert, so daß ein Objekt, welches im einen (führenden) Auge auf die Netzhautgrube (Fovea) fällt, im andern auf eine andere Stelle (die Pseudofovea) fällt. Die Lokalisationsart kann dann verschieden sein: a) In manchen Fällen bleibt die normale Korrespondenz der Netzhäute ungestört und werden deshalb Doppelbilder gesehen. Hier werden wie normal die Richtungslinien der beiden Netzhautgruben F und f in eine identische Sehrichtung vereinigt, trotzdem sie verschiedene Objekte abbilden. FA fällt mit fB zusammen (wie die mittlere Figur [Fig. 40] zeigt). Mithin erscheinen das mit dem rechten Auge gesehene A und das mit dem linken gesehene B beide geradeaus, vorn, fallen zusammen. Das mit dem linken gesehene A fällt um den Schielwinkel σ weiter nach links (A'); Entsprechendes gilt von B. Alles wird in Doppelbildern gesehen. Diese Störung wird vermieden, indem das Bild des Schielauges innerlich gehemmt wird, ähnlich wie normal beim Mikroskopieren. Es wird also dann in Wirklichkeit einäugig gesehen.

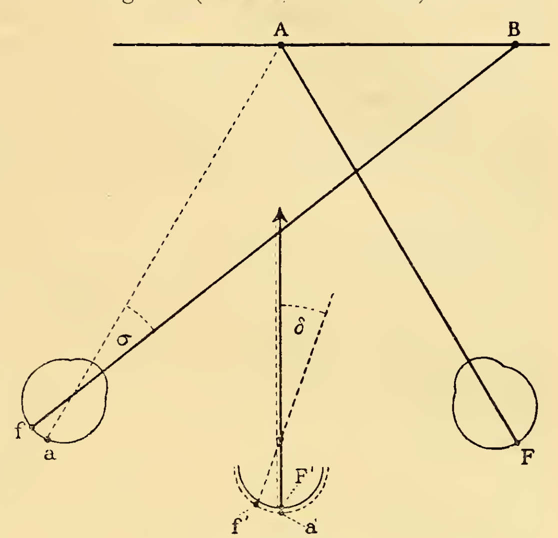


Fig. 41. Anomalie der Sehrichtungen bei Schielenden (nach *Hofmann*).

b) Bei andern entwickelt sich (neben der nie ganz beseitigten normalen) mit der Zeit eine anormale Lokalisationsart, indem sich diejenigen Richtungslinien vereinigen, welche dasselbe Objekt abbilden; also die Sehrichtungsanomalie δ (Fig. 41) fällt mit dem Scheitelwinkel σ zusammen. Es vereinigen sich nun aA mit FA in eine identische Sehrichtung, a erhält den Raumwert der führenden Netzhautgrube F. Der Gegenstand wird also mit beiden Augen einfach gesehen und an seinem richtigen Ort.

Die Bildung dieser Lokalisation erklärt *Hering:* Schon der Normale lokalisiert je nach der Stellung des Kopfes die Objekte der Netzhautgrube verschieden, indem er die Drehung miteinrechnet (z. B. das Fixierte als links). Das läßt sich hier anwenden. Der Schielende hat gelernt, die Aufmerksamkeit mehr auf das Bild des gerade führenden Auges zu wenden, das des andern Auges zu übersehen; ferner, er lokalisiert mit jedem Auge so, als ob er den Kopf entsprechend gedreht hätte. Dem Raumwert „gradeaus" der rechten Netzhautgrube entspricht nach dieser Übung der Raumwert „10° nach rechts von der Mitte" der linken Netzhautgrube. Daher die Anomalie der Sehrichtungen. Die Winkelverschiedenheit muß dann ungefähr dem habituell gewordenen Schielauge entsprechen.

Diese erworbene anormale Korrespondenz unterscheidet sich übrigens immer von der normalen dadurch, daß sie weniger fest ist, daß die Eindrücke des Schielauges gewöhnlich gehemmt werden, daß zweiäugige binokulare Tiefenwahrnehmung nur sehr selten und grob stattfindet. Aus der Möglichkeit, eine solche Korrespondenz zu erwerben, folgt also nicht, daß die normale auch erworben sei.

c) Eine andere Klasse hat auch anormale Lokalisation ausgebildet, aber so, daß der Schielwinkel und die Anomalie der Sehrichtungen nicht zusammenstimmen. Dann wird doppelt gesehen, soweit nicht das eine Auge gehemmt wird. Man kann diese Fälle als solche fassen, wo bei einer früheren länger andauernden Schielstellung sich eine Anomalie der Sehrichtungen ausgebildet hat, aber später diese Schielstellung sich änderte. Neben der Anomalie der Sehrichtungen besteht immer dauernde Minderwertigkeit der Schielbilder, Herabsetzung der Sehschärfe, Unterliegen im Wettstreit. Diese innere Hemmung ist aber je nach der Gegend verschieden, am stärksten in der Pseudomacula, während die Macula sich immer durchsetzt.

Die auffallendste Tatsache ist das Doppeltsehen mit einem Auge (unokulare Diplopie). Einen Fall konnte *Bielschowsky* unter Leitung *Herings* genau untersuchen. Das linke Auge hatte geschielt und war schwachsichtig ($^1/_{15}$ Sehschärfe). Später wurde das rechte Auge entfernt. Von da an sah der Betreffende doppelt auf seinem einen Auge. Wenn er fixieren will, stellt er die Pseudomacula auf das Objekt ein und sieht dann das „natürliche Bild", wie er es nennt, am richtigen Ort, dazu aber links davon ein zweites, matteres, aber schärferes Bild, das er Trugbild nennt, auf der Netzhautgrube. Die Sehschärfe der letzteren besserte sich in der Folge immer mehr, schließlich bis gegen $^1/_2$, das andere Bild dagegen wird immer undeutlicher. Der Verdacht der Täuschung ist ausgeschlossen, ebenso jede physikalische Ursache des Doppeltsehens; nur ein Bild des Objektes ist auf der Netzhaut.

Zur Erklärung läßt sich sagen: Wenn nichtkorrespondierende Netzhautstellen lange Zeit zusammenwirken müssen, kann die Netzhaut des Schielauges zu den normalen Werten neue Raumwerte erwerben (wie eben erklärt), welche die ersteren zurückdrängen, aber nie ganz beseitigen. Der Kranke hatte während der Schielperiode eine solche Anomalie der Sehrichtungen erworben. Deshalb zeigt das Schielauge die erworbenen Richtungswerte. Daneben treten aber anfangs schwach, später immer stärker auch die angeborenen Raumwerte wieder auf. Dasselbe Netzhautelement besitzt also zwei Raumwerte. Daß das Doppeltsehen wirklich gleichzeitig ist und nicht bloß schnell abwechselt, sieht man daraus, daß durch zwei Objekte drei Bilder bewirkt werden können, wovon im mittleren wieder zwei vereinigt sind, und das Wettstreit und Farbenmischung zeigt.

3. Unregelmäßigkeiten der Nebeneinanderlagerung bei Sehstörungen. Bei Gehirnverletzten sind manchmal die gleichnamigen, etwa rechten Hälften beider Netzhäute ganz oder teilweise ausgefallen (Hemianopsie) oder in ihrer Sehkraft stark geschädigt (Hemiamblyopie). Es treten dann unter Umständen Umlagerungen von Sehobjekten ein, die den Prozeß der normalen Raumlagerung besser verstehen lassen.

a) Relative Lokalisationsänderung: In einem Falle von *Fuchs* werden Kreise auf der geschädigten Sehhälfte regelmäßig verlagert. Fiel das Gesamtobjekt teilweise in die gesunde Hälfte, so wurde es als ganzes verlagert, obwohl der Teil der gesunden Hälfte dort richtig hätte gesehen werden können, also unter Leitung der Gesamtgestalt. Die Verlagerung wurde oft als Bewegung vom richtigen Orte aus gesehen. In einem andern Falle erschien der Teil der kranken Hälfte geschrumpft. Zur Erklärung weist *Fuchs* darauf hin, daß schon normal Objekte näher an den Ort der Aufmerksamkeit verlegt werden. *Lipp:* Wenn man absichtlich die Aufmerksamkeit auf verschiedene Gebiete verlegt, wird ein sonstiger Reiz in der Richtung dorthin verschoben. Dasselbe bestätigt *Fuchs:* Wurde das Zentrum fixiert, so wurden ganz kurz dargebotene Lichtflecke ihm näher lokalisiert. Allgemein wird nach dem

Gebiet verlagert, das am besten arbeitet, was normal der Fixationspunkt ist oder das beachtete Gebiet, bei Kranken der am besten erhaltene Teil. — Bei längerer Übung lernt übrigens der Kranke diese Neigung aufheben; die Netzhautstellen erwerben dann neue Raumwerte, wie bei den umgelernten Metamorphopsien oder den Prismenverschiebungen. Dasselbe leistet die Brille für Hemianopiker von *Igersheimer* (1919). Er bildet durch einen Spiegel die fehlende linke Feldhälfte auf dem sehenden Teil des linken Auges ab, während dem rechten Auge die rechte Feldhälfte überlassen bleibt. Anfangs werden dann die direkt abgebildeten und die gespiegelten Teile nach derselben Seite verlegt; aber bald gewöhnen sich die Kranken daran, die Felder entsprechend den wirklichen Verhältnissen nebeneinander zu sehen. Die Netzhautstellen des einen Auges vermitteln dann eine andere Lokalisation als die ihnen korrespondierenden; sie haben neue Raumwerte erhalten. Das Greifen dagegen bleibt länger bei der alten Methode.

b) Totale Verlagerung des Sehraumes (Störung der sog. absoluten Lokalisation), indem die Mittelebene nach einer Seite verlegt wird. Das Sehfeld des Hemianopikers stellt sich in Bezug auf seine eigene Mitte als Schwerpunkt ein; er glaubt die neue Mitte anzublicken, sie erscheint ihm geradeaus, in der Mittelebene. Fiel die rechte Gesichtshälfte aus, so wurde das ganze Gesichtsfeld nach rechts verlegt; er greift infolgedessen nach rechts vorbei. Wenn er dann seinen Fehler bemerkt, tritt allmählich eine Verbesserung ein; er verlagert die Aufmerksamkeit an die innere Grenze, hebt die Verlagerung der Mittelebene wieder auf. Geht dann später die Hemianopsie zurück, so kann es kommen, daß die Mittelebene nun anfangs umgekehrt verlagert ist.

Die Verlagerung des Aufmerksamkeitszentrums zeigt sich darin, daß die dem Fixationspunkt näheren Teile bei kürzester Darbietung benachteiligt sind. Ist die rechte Sehhälfte gesund, so werden etwa die dem Fixationspunkt rechts anliegenden Worte von hinten an gelesen, der Anfang ist zu undeutlich. Die Sehschärfe kann also peripher größer werden als zentral gemäß der Aufmerksamkeitsverteilung. So war es ja auch im vorher genannten Falle von *Bielschowsky* (vorige Seite). Wird das Objekt dem Hemianopiker zentral geboten, so fallen Aufmerksamkeits- und Fixationspunkt zusammen und werden nicht umgelagert.

In einem Falle von *Fuchs* trat statt der Netzhautgrube eine andere Stelle deutlichsten Sehens auf, die Pseudofovea, von der aus die Deutlichkeit nach allen Seiten abnahm, auch nach dem gelben Fleck hin. Diese Pseudofovea hatte keinen festen Ort, sondern wechselte mit den Bedingungen der Sehobjekte. So erschien in 1 m Abstand derjenige Buchstabe am deutlichsten, der 6 cm vom Fixationspunkt entfernt war. Bei doppelter Entfernung nahm die Größe des Sehfeldes nicht zu. Je kleiner die Druckschrift, desto näher mußte sie dem Fixationspunkt stehen, um lesbar zu sein, zwischen 1 cm bei kleinstem und 6 cm bei größtem Druck. Bei doppelter Entfernung wird der Abstand für den betreffenden Buchstaben verdoppelt, so daß es also auf seine scheinbare Größe ankam (die ja dann gleich bleibt). Werden zwei Buchstaben von verschiedener Größe zugleich geboten, jeder in seiner richtigen Entfernung vom Fixationspunkt, so werden beide zugleich deutlich gesehen. Die aktive Aufmerksamkeit vermag hier nicht eine andere Stelle deutlicher zu machen. Setzt man in einen großen Buchstaben, der an richtiger Stelle steht, einen kleineren hinein, so bleibt der letztere unlesbar, seine Striche erscheinen verschwommen, während die des großen deutlich schwarz sind. Auch wenn der große Buchstabe aus kleinen Strichen gleich denen des kleinen zusammengesetzt ist, bleibt der Unterschied. Ebenso wird, wenn man aus dem großen Buchstaben dann einen Teil mit der Aufmerksamkeit absondert, dieser nun (trotz Aufmerksamkeit) undeutlich.

§ 4. Die Theorie der Flächenwahrnehmung.

Literatur. *Ribot,* Die Psychologie in Deutschland: das Kapitel über die Raumwahrnehmung; besonders aber *Stumpf.*

1. Einleitung. Wie kommt das Sehen des Nebeneinander, der Fläche. zustande? Der Nativismus nimmt an, wenn die Objekte auf der Netzhaut ein ähnliches Bild zur Außenwelt bewirkt haben, und dieses eine irgendwie ähnliche Gestalt im Gehirn, so liegt darin die genügende Vorbedingung, daß die Seele sofort mit der Hervorbringung des flächenhaften Bildes im Bewußtsein antwortet. Nach dem Empirismus dagegen sind raumlose Empfindungen die einzige unmittelbare Leistung des Bewußtseins, und erst mit Hilfe der Erfahrung können daraus die Raumeigenschaften abgeleitet werden.

Helmholtz beruft sich dafür auf viele Beobachtungen, die zeigen, daß auch in der Flächenwahrnehmung die Erfahrung manches leistet. Statt nun anzunehmen. daß angeborene Raumempfindungen durch Erfahrungen beständig verbessert werden. sei es einfacher, zu sagen, daß sie überhaupt erst durch Erfahrungen zustande kommen. Keine unzweifelhaft gegenwärtige Empfindung könne durch einen Akt des Verständnisses beseitigt und überwunden werden. Also kann nichts als Empfindung anerkannt werden, was durch Einflüsse, die nachweisbar auf Erfahrung beruhen. im Anschauungsbild überwunden und in sein Gegenteil verkehrt werden kann. Dann sind aber nur die Qualitäten als wirklich reine Empfindungen zu betrachten.

Dazu kommen bei andern Forschern Erwägungen philosophischer Art, wie die Einfachheit der Seele (*Herbart, Lotze*) und andere. Ist aber der anfängliche visuelle Inhalt des Bewußtseins reine Farbenempfindung ohne Nebeneinander, so entsteht für den Empirismus die Frage: Wie kann man sich denken, daß sich hieraus die Flächenwahrnehmung herausbildet?

2. Empiristische Erklärungen (*Stumpf* § 2 3).

a) *Herbart* und die englische Assoziationspsychologie leugnen eigentlich die Raumanschauung des Gesichtes. *Herbart* betrachtet den Sehraum als eine besondere Art Reihenbildung, welche zwischen rein qualitativen Empfindungen eintreten kann. Die englische Assoziationspsychologie (so *Th. Brown, Bain, St. Mill*) führt den Raum auf Empfindungen des Muskelsinnes zurück. Verbinden sich Bewegungsempfindungen mit Tastempfindungen, die beständig wechseln und eine feste Reihe bilden (Bewegung über den Tisch hin beim Berühren), so erhalten wir bei Umkehrung der Bewegung die umgekehrte Reihe der Tastempfindungen. Wir bemerken. daß die Reihe der Tastempfindungen unabhängig ist von der Schnelligkeit der Bewegungen. beliebig oft erneuert werden kann. Das erzeugt jene Festigkeit der Anordnung, jene Gleichzeitigkeit, welche wir dem Raume zuschreiben. Der Raum ist nichts anderes als der eben bezeichnete Empfindungskomplex.

Stumpf zeigt dagegen, daß es Fälle gibt, wo alles Angeführte da ist und doch kein Raum wahrgenommen wird, z. B. beim Singen einer Reihe von Tönen; und umgekehrt Fälle, wo wir Raum haben ohne diese Elemente: bei völlig ruhendem Auge können wir verschieden große Objekte unterscheiden, wo alles übrige gleich ist, Qualität. Intensität, Dauer, und wo der einzige Unterschied die Qualität sein kann. Ferner ist der räumliche Unterschied immer und notwendig bei jeder Gesichtswahrnehmung vorhanden. während Bewegungen nicht notwendig sind.

b) Mehr Berücksichtigung verdienen die Theorien, welche die Raumwahrnehmung in ihrer Tatsächlichkeit anerkennen, wie sie uns die Selbstbeobachtung bezeugt, aber glauben, dieser psychische Inhalt sei nichts

Ursprüngliches wie die Qualität. Am klarsten ist der Gedanke ausgebildet in *Lotzes* Theorie der Lokalzeichen. Die objektive räumliche Gliederung der Objekte geht beim Übergang in die punktförmig einfache Seele verloren. Die Raumverschiedenheiten müssen schließlich durch eine Summe intensiver Erregungen ersetzt werden, die gleich einer Vielheit von Tönen keine Andeutung einer räumlichen Anordnung mehr enthält. Die Eindrücke müssen sich erst in der Seele wieder zu einer Raumwelt ausbreiten. Es ist, wie wenn eine Bibliothek zusammenverpackt wird, um anderswo wieder aufgebaut zu werden. Dafür genügt, daß die Bücher Zeichen ihrer ursprünglichen Ordnung tragen, Etiketten ihrer Stellung. Solche Etiketten, die selbst rein qualitativer Natur sind, aber für Ortsbestimmung dienen können, sind die Lokalzeichen. Beim Auge ist das Lokalzeichen die Bewegung, die ein gereizter Punkt nötig hat, um den Reiz auf die Stelle des deutlichsten Sehens zu bringen. Durch deren Richtung und Größe wird der Punkt seiner Lage nach eindeutig bestimmt. Dabei braucht diese Augenbewegung nicht immer wieder wirklich zu erfolgen, um den Ort anzugeben. Es genügt, daß Spannungen und Spannungsempfindungen entstehen, welche in der Ausführung sich vielleicht aufheben würden. Nachdem sich Reiz, Bewegung und Lokalzeichen oft genug wiederholt haben, kommen wir zu einer vollständigen Ortskenntnis unsrer Netzhaut, wodurch nun die Lokalisation auch für das ruhende Auge möglich ist. So wird aus der Verschmelzung der Netzhauterregungen (Farben) mit jenen Eindrücken die Ordnung der Punkte in unsrem Gesichtsfeld hergeleitet.

Wie *Stumpf* nachweist, kann die Theorie nur so gemeint sein: An das System der objektiven Orte auf der Netzhaut knüpft sich ein System von wirklichen Muskelspannungen, an diese psychischerseits ein System von Spannungsempfindungen, und daran schließlich das System der Ortsempfindungen oder das Gesichtsfeld. Im allgemeinen fand die Lokalzeichentheorie großen Anklang. *Wundt* bildete sie weiter in seiner Theorie der komplexen Lokalzeichen: für jeden Punkt der Netzhaut ist eine qualitative Färbung des Reizes kennzeichnend (man denke an die Umänderungen der Farben im indirekten Sehen), verbunden mit einer Bewegungsempfindung (ähnlich wie bei *Lotze*). Das Ganze verschmilzt mit der Farbenempfindung des äußern Reizes und bildet durch eine Art psychischer Synthese ein ganz neues Produkt, die am richtigen Ort lokalisiert erscheinende Farbenempfindung. Dabei ist freilich zu beachten, daß nach *Wundt* der Aufbau der Farbenfläche aus diesen Elementen nicht mehr in der Entwicklung des einzelnen Individuums sich vollzieht, wie das der gewöhnliche Empirismus behauptet, sondern im Laufe der Stammesentwicklung.— Die Annahme einer derartigen Synthese findet sich schon bei früheren Psychologen unter der Bezeichnung einer „psychischen Chemie", so bei *St. Mill, Steinbuch, Donders.*

In neuerer Zeit ist bei der Mehrzahl der Forscher eine wachsende Abwendung vom Empirismus eingetreten und wird für die Flächenwahrnehmung der Nativismus der Hauptsache nach wieder anerkannt. So außer *Stumpf, Hering* auch *Ziehen, G. E. Müller, Ebbinghaus* und viele andere.

3. Gründe gegen den Empirismus (*Stumpf* § 4 5).

a) Was eine rein intensive Spannungs- oder Bewegungsempfindung der Seele helfen soll, die ganz andersartige Raumvorstellung aufzubauen, läßt sich nicht sagen. Eine logische Grundlage sind diese Empfindungen dafür nicht, sondern ein rein assoziativer Anknüpfungspunkt. Da ist es aber bedeutend einfacher, anzunehmen,

daß an die bloße physiologische Erregung gewisser Teile des Gehirns sich gleich die Ortsvorstellung knüpft, daß also die Ausdehnung ebenso unmittelbar ist wie die Farbenempfindung.

b) Die Selbstbeobachtung zeigt von den behaupteten Empfindungen nichts. Wenn wir mit ruhendem Blick eine Fläche übersehen, so sind wir uns durchaus nicht einer Mehrheit von Empfindungen bewußt. Um aus einem Zusammenklang z. B. 10 Teilempfindungen herauszufinden, sie gesondert zu halten, brauchte es eine bedeutende Anstrengung, wenn es sich überhaupt leisten läßt. Da ist es nicht glaublich, daß wir Tausende von Farbenempfindungen mit solcher spielenden Leichtigkeit auffassen, unterscheiden, richtig ordnen sollten, ohne beständig ihre Lage zu verwechseln.

c) Die Feinheit der Lokalisation stimmt nicht mit dem, was wir von der Bewegungsempfindlichkeit wissen. Bei den empfindlichsten Gelenken fand *Goldscheider* als Bewegungsschwelle $^1/_4{}^0$; hier sollen aber die Augenbewegungen, die, wie früher gezeigt, viel unempfindlicher sind, gar auf 1′ und tiefer herabgehen. Völlig unerklärlich wäre dann, daß auf dem gelben Fleck die Feinheit der Unterscheidung am größten ist, während bei einer Reizung dort überhaupt keine Bewegung stattfindet, also auch keine Bewegungsempfindung sich bilden kann.

d) Wenn man einen roten Kreis auf blauem Grunde nicht sofort richtig lokalisiert sieht, d. h. die beiden Farben nebeneinander, kann man diese Farben überhaupt nicht sehen, kann es also zu einer Erfahrung gar nicht kommen.

Die Empiristen berufen sich auf die Aussagen der operierten Blindgeborenen, welche Kreis und Quadrat anfangs nicht benennen konnten. Aber der Operierte ist nur nicht gewohnt, an dieses neue Gesichtsbild das ihm allein geläufige Tastbild zu knüpfen, was ihn zum richtigen Namen führen würde. *Molyneux* stellte zuerst die allgemeinere Frage: Wird ein erwachsener Blindgeborener, der durch den Tastsinn Kugel und Würfel unterscheiden gelernt hat, wenn er plötzlich das Gesicht wieder erhält, die beiden Körper sofort durch das Gesicht unterscheiden können? (Das Problem von *Molyneux*.) *Locke* hielt es für unmöglich. *Leibniz* dagegen bejahte die Frage, vorausgesetzt, daß der Operierte sich nicht verwirren lasse und daß ihm bloß diese beiden Objekte geboten würden. Er müsse dann am Würfel die hervorragenden Ecken bemerken, welche an der Kugel fehlen. Er setzte also als selbstverständlich voraus, daß der Operierte sofort die richtige Flächenprojektion der Objekte sehen müßte. Wir werden später hören, daß bei der ersten wirklichen Ausführung der Probe Würfel und Kugel in der Tat richtig unterschieden wurden.

Helmholtz: Ich kann mir nicht vorstellen, wie eine einzelne Nervenerregung ohne vorausgegangene Erfahrung die fertige Raumvorstellung zustande bringen soll. — Aber natürlich wird nicht behauptet, daß eine erste Nervenerregung das tue; die bietet höchstens eine winzige farbige Ausdehnung ohne Lokalisation. Wohl aber kann eine Anzahl nebeneinander geordneter Nervenerregungen die genügende Bedingung sein, daß das Bewußtsein mit der Erkenntnis eines Nebeneinander antwortet. *Stumpf* erwidert mit Recht: Ich kann mir nicht denken, wie aus lauter Nullen von Raum durch noch so viele Erfahrungen ein Raum entsteht.

4. Die nativistische Erklärung legt *Ebbinghaus* dar: Die Raumanschauung ist nicht eine angeborene fertige Form, sondern sie wird durch die äußern Reize ebenso unmittelbar hervorgerufen wie die Farbenempfindungen. — Die feinere Ausbildung wird allerdings durch die Erfahrung vielfach abgeändert. Wir wissen ja, daß eine Wahrnehmung durch Erfahrung nicht unbedeutend umgeändert werden kann, wie die geometrischen Täuschungen oder die Illusionen zeigen. Freilich geschieht das nicht, wie *Helmholtz* unterschiebt, durch einen reinen Akt des Verständnisses, des

Urteils, der eine Empfindung allerdings gewöhnlich unverändert läßt. *Stumpf:* Es sind also Qualität, Intensität, örtliche und zeitliche Verschiedenheit im gleichen Sinne ursprüngliche Bewußtseinsinhalte. Für alle brauchen wir im gleichen Sinne physische Reize. Die Ursachen für Qualität, Intensität, Dauer der Gesichtsempfindungen liegen vor in Schwingungszahl, Schwingungsweite und Dauer der Ätherwellen. Für die räumliche Anordnung liegt der Reiz in dem Nebeneinander der Ätherwellen.

Wie kommt es, daß bei den übrigen Sinnen verschieden gelegene äußere Reize nur eine Mischempfindung hervorrufen, ortsverschiedene Farbenreize dagegen eine Flächenempfindung? Eine Bedingung dafür ist sicher, daß die verschiedenen Punkte der farbigen Fläche nicht auf denselben Nerven einwirken, sondern auf verschiedene. Dieses wird dadurch erreicht, daß das Auge physisch einer Linse gleichwertig ist, so daß sich jeder Punkt der Lichtfläche in einem einzigen Punkt der Netzhautfläche abbildet. Die Nervenerregungen pflanzen sich ferner getrennt ins Gehirn fort. So entspricht der räumlichen Anordnung der äußern Lichtfläche eine ähnliche räumliche Verteilung der Sehnervenerregungen.

Aber wenn das auch für die Möglichkeit der Flächenempfindung unerläßlich ist, so ist es allein noch nicht der genügende Grund für deren Tatsächlichkeit. Wir haben ja auch in der Hörsphäre des Gehirns ein Nebeneinander von Erregungen, ohne daß es einen entsprechenden Schallraum gäbe. Ferner bestehen in der Sehsphäre Unterbrechungen, schon wegen der Neuroglia, während unser Flächenbild sich lückenlos zeigt. Also die Ausdehnung der Nervenerregung wandert nicht einfach in die Erkenntnis hinüber. Wir müssen es als eine weiter nicht erklärbare letzte Tatsache hinnehmen, daß auf Grund der gleichzeitigen Erregung der verschiedenen Teile der Sehsphäre die Anschauung einer kontinuierlich in sich zusammenhängenden Fläche entsteht; nicht als ob die Seele jede ausgedehnte Fläche in der Netzhaut oder im Gehirn sähe, wie das einige Nativisten sich dachten, sondern wegen der Anwesenheit und Mitwirkung jener Fläche (die Mitursache oder Bedingung ist) entsteht im Bewußtsein unmittelbar die gesehene farbige Fläche.

§ 5. Beeinflussung der Farbenerscheinungen durch Tiefenlokalisation.

Literatur. *Katz,* Die Erscheinungsweisen der Farben, 1911. *Jaensch* und *E. A. Müller,* Über die Wahrnehmung farbloser Helligkeiten und den Helligkeitskontrast, in ZPs 83 (1920) 266 ff. — *Gelb,* Über den Wegfall der Wahrnehmung von Oberflächenfarben, in ZPs 84 (1920) 193 ff. — *Jaensch,* Über den Farbenkontrast und die sog. Berücksichtigung der farbigen Beleuchtung, in ZPs II 52 (1921) 165 ff. — *O. Kroh,* Über Farbenkonstanz und Farbentransformation, in ZPs II 52 (1921) 181 ff. 235 ff.

Neben Breite und Höhe haben wir bei den Sehdingen eine dritte Dimension zu unterscheiden, die Entfernung von dem sehenden Auge. Dieselbe hat mit den beiden ersten Dimensionen manches gemeinsam; es handelt sich beide Male um eine anschauliche Größe, die Tiefe wird gesehen, nicht erschlossen. Alle Dimensionen sind miteinander in gewissem Grade vertauschbar; aus der Breite kann bei anderer Stellung des Körpers Tiefe werden. Doch fehlt es auch nicht an Unähnlichkeiten. Sicher werden Breite und Höhe viel unmittelbarer in ihrer wahren Größe erkannt; ein Schwanken, wo man einen Teil der Sehfläche unterbringen soll, ist nicht möglich.

Die Tiefe dagegen kann den weitesten Schwankungen unterliegen. Ein eben nahe erscheinendes Objekt kann beim Hinzutreten von Erfahrungsmotiven plötzlich in die Ferne fliegen. Es bleibt also zu untersuchen, welche Ursachen beim Zustandekommen der Tiefe wirksam sind und in welchem Umfang. Ferner ist das Resultat des Zusammenwirkens als Ganzes zu beschreiben, die Sehgröße und ihre Gesetze. die absoluten Richtungen im Raume usw. Aus allem ist schließlich die Theorie der Raumwahrnehmung abzuleiten.

Katz hat im Anschluß an einige Ausführungen *Herings* untersucht, wie die Farben selbst infolge des Hintereinandererscheinens im Raume mannigfache Änderungen in der Wahrnehmung erleiden. Es handelt sich dabei noch nicht um vollkommene Tiefenlokalisation, kann also zur Einleitung in die Lehre der Tiefenwahrnehmung dienen.

1. Die verschiedenen Farbensysteme. Schon bei direkter Betrachtung zeigt sich der subjektive Eindruck der Farben je nach den Umständen merklich verschieden. Die Spektralfarben werden nicht mit gleicher Bestimmtheit lokalisiert wie die Körperfarben; erstere haben ein mehr lockeres Gefüge; man hat den Eindruck, verschieden tief in sie eindringen zu können, während die Farben des Papiers einen strafferen Zusammenhalt zeigen, den Blick nicht eindringen lassen. Übrigens erstrecken sich beide Farbenarten flächenhaft und schließen den Raum nach hinten ab. Die Spektralfarbe erscheint meist parallel der Stirnfläche, während die Papierfarbe jede beliebige Lage einnehmen kann. *Katz* unterscheidet sie mit den Namen Flächenfarben und Oberflächenfarben. Die Oberflächenfarben treten fast nur an Gegenständen auf. Die meisten gewöhnlichen Objekte erwecken den Eindruck von Oberflächenfarben, wenn auf matter Oberfläche das Licht unregelmäßig zurückgeworfen wird. Es gibt freilich Übergänge: unscharfe Akkommodation durch eine entsprechende Linse macht eine Oberflächenfarbe eher einer Flächenfarbe ähnlich. Als Flächenfarbe erscheint besonders klar eine physikalische Strahlung, wenn sie den Raum scheinbar flächenhaft abschließt und kein Gegenstand als ihr Träger zu bemerken ist; so beim Himmel. Die Oberflächenfarbe ist gekrümmt oder eben wie das Objekt, während die Flächenfarbe wesentlich eben ist.

Wieder eine andere Art sind die durchsichtigen Farben. Sieht man durch ein farbiges Glas auf ein Objekt, so erblickt man das Objekt durch das Glas hindurch. Das nennen wir durchsichtige Farben. Sie schließen den Hintergrund nicht ab, lassen die veränderte Oberflächenfarbe hinter sich erkennen. Bringt man hinter sie Flächenfarben, so vereinigen sich beide zu einer einzigen Wahrnehmung. Betrachtet man etwa durch ein gefärbtes Glas den Himmel, so sieht man die Mischfarbe je nach der Akkommodation entweder in der Fläche der durchsichtigen Farbe oder weiter zurück, nicht ganz in der Entfernung des Himmels. Die Raumfarben endlich scheinen den Raum nach den drei Dimensionen zu erfüllen. Darum müssen sie durchsichtig sein wie eine farbige Flüssigkeit. hinter der man Gegenstände wahrnimmt. Schon *Hering* und *Mach* haben sie beschrieben. Derart ist die raumhafte Erscheinungsweise des Nebels. Wenn kein Objekt dahinter erscheint, verschwindet die Raumhaftigkeit. es entsteht eine unbestimmt lokalisierte Flächenfarbe. Wenn die Luft die Ob-

jekte verschleiert, hat man ein raumhaftes Grau oder Weiß, das die „Farbe der Luft“ heißen kann.

Spiegelung und Glanz. Von Spiegelung redet man, wenn im Gegenstand andere Objekte erkennbar sind, von Glanz, wenn das nicht der Fall ist, aber die Farbe bestimmter Stellen des Gegenstandes ihre Oberflächenfarbe an Helligkeit wesentlich übertrifft. Bei vollkommen guter Spiegelung wird die spiegelnde Fläche überhaupt nicht gesehen. Man sieht die Gegenstände hinter der spiegelnden Fläche, aber nicht durch sie hindurch. Wenn dagegen die spiegelnde Fläche selbst in ihrer Farbe erscheint, sieht man den gespiegelten Körper durch sie hindurch, ähnlich wie bei einer durchsichtigen Fläche; nur ist die Trennung bei einer Spiegelung eine entschiedenere; die Farben und Lokalisation beeinflussen sich weniger als bei der durchsichtigen Fläche.

Glanz tritt nur an einem Objekt auf und wird als Licht aufgefaßt, das nicht eigentlich zur Farbe des Gegenstandes gehört. Die glänzende Stelle selbst erscheint eher als Flächenfarbe. Eine Flächenfarbe ist nicht glänzend, sondern höchstens leuchtend. Die glänzende Stelle braucht aber nur relativ hell zu sein, nicht absolut, wie *Hering* meinte. Der Glanz eines schwarzseidenen Hutes ist weniger hell als ein mattes weißes Papier. Die zweiäugige Betrachtung verstärkt den Glanz, indem sie die Trennung von Gegenstandsfarbe und aufliegendem Licht deutlicher macht. Ebenso ist die Erhöhung des Glanzes durch Bewegen des Objektes zu erklären, weil man da abwechselnd auch die glänzenden Stellen in ihrer eigentlichen Farbe sieht.

Das Leuchten setzt eine gewisse Helligkeitsstärke voraus, die raumhaft oder flächenhaft erscheinen kann. Das Glühende wird nach *Hering* durch und durch leuchtend gesehen; doch gehen beide Eindrücke leicht ineinander über.

Die Oberflächenfarben lassen sich beim Betrachten durch einen gelochten Schirm in eine Flächenfarbe überführen (die „Reduktion der Farbeneindrücke“); ebenso wird der raumhafte Charakter einer Farbe dann beseitigt, der Glanz in ein Leuchten verwandelt. Damit hat man ein Mittel, die Art der Netzhauterregung kennen zu lernen, welche durch diese Reduktion nicht verändert wird.

2. Die Eigenschaften der Flächenfarben. Schon *Heinrich Hofmann* (ArGsPs 26) beschreibt Übergänge zwischen Oberflächen- und Flächenfarben bei gewöhnlichen Dingen, die unter weniger günstigen Umständen betrachtet werden. Mit größerer Entfernung eines Dinges nimmt seine Bestimmtheit ab; die Sehdingflächen werden weicher, wolliger, zarter. Auch im Zimmer ist die Bestimmtheit der gesehenen Oberflächen verschieden, größer bei gut beleuchteten, kleiner in der dunkeln Ecke. Damit geht der Wechsel der Gestalt parallel. Die Schärfe der Kanten wird mit größerer Entfernung schwächer, abgeschliffener; die Form wird unbestimmter. Die vor- und rückspringenden Teile verschwimmen in das unterschiedslose Einerlei einer raumhaften Fläche. Besonders lehrreich ist ein Kranker von *Gelb*, der nur noch Flächenfarben sah, auch an den Dingen. Gefärbtes Papier scheint ihm nach der Farbe verschieden dick zu sein; bei 1 *m* Entfernung erscheint es im Schwarz 12—15 *cm* näher, im Weiß nur 2—3 *cm* näher. Die Fläche kommt ihm schwammig und weich vor, im Gegensatz zum harten, flachen Eindruck beim Betasten. Er staunt bei einem schwarzen Brett über die „tiefe“ Dunkelheit, man sehe da so tief hinein. Beim Betasten glaubt er, daß er in die Farbe hineingreife; der in sie eingetauchte Finger zeigt dann eine Zwischenfarbe. Sieht er nur den Schnitt des Blattes, so erscheint es ganz dünn. Die Farbe wird gewöhnlich parallel zur Stirnfläche gesehen, Drehung wird erst bei größerem Betrag bemerkt. Die Farbe schmiegt sich nicht an die Oberfläche des Dinges an; tiefe wulstige Falten in einem Tuch sieht er nicht, sondern statt dessen verschieden helle Streifen. Beim Aussteigen aus der Bahn

fiel er öfter, weil er die Stufe zu nahe sah. — Die unbestimmte Lokalisation, die der Kranke hat, ist nicht etwa eine schwankende Lokalisation, wie auch *Katz* feststellt. Die sonst undurchsichtige Farbe erscheint ihm durchsichtig, wenn der Finger scheinbar in sie eindringt. Der Fall zeigt, daß Flächenfarben durchaus Gegenstandsfarben sein können, was bei *Katz* noch nicht zu sehen war.

Manchen erscheint das Augengrau als Flächenfarbe. *Fechner* erschien da ein Feld von beschränkter Größe, ohne alle Tiefe, unmittelbar vor den Augen; *Hering* dagegen ein raumhafter, unstetiger Lichtnebel, der zur Fläche wird, sobald er ein Nachbild enthält. *Katz* fand, daß die Unbestimmtheit der Lokalisation hier besonders groß ist. Anfangs kann von dem Augengrau kaum mehr gesagt werden, als daß es vor den Augen liegt. Erst wenn man durch Wenden gegen das Licht oder von ihm weg das Feld aufhellt oder verdunkelt, wird etwas besser lokalisiert. Es wird dann öfter angegeben, die Mitte werde in etwa 10—40 *cm* Entfernung gesehen. Die Fläche erscheint gewöhnlich hohl, bisweilen auch eben. Nach allem besitzt das Augengrau die Erscheinungsweise einer den Raumfarben verwandten Flächenfarbe von hoher Unbestimmtheit der Lokalisation. Wenn man das geschlossene Auge bestrahlt oder verdunkelt, wird die Lokalisation etwas bestimmter. Die helle Fläche rückt weiter hinaus, erscheint raumhafter; die dunklere ist dagegen weniger raumhaft.

Entwirft man ein Nachbild auf Oberflächenfarben, so wird es selbst zur Oberflächenfarbe. Bei Projektion auf die Himmelsfläche erscheint ein helleres Nachbild stets vor der Himmelsfläche, gewöhnlich auch ein dunkleres. *Zoth* hatte gefunden, daß auch der Mond stets vor dem Himmel erscheine, nicht an ihm. — Die absolute Lage der Flächenfarben läßt sich durch Nebenumstände stark beeinflussen. Betrachtet man die Himmelsfläche durch ein Loch in einem grauen Karton, der nahe gehalten wird, so erscheint das Flächenstück dahinter in viel kleinerer Entfernung. Je weiter der Karton wegrückt, desto größer wird die Entfernung des Himmelsstückes. Ebenso gleicht sich die Orientierung der Flächenfarbe einem davorliegenden Oberflächenstück an: hinter dem frontalparallelen Karton erscheint die Flächenfarbe frontalparallel; wird der Karton gedreht, so dreht sich die Flächenfarbe mit, aber nicht gleich stark. Die Flächenfarbe ist überhaupt nicht an eine ganz feste Entfernung und Lage gebunden, sie kann sich anpassen.

3. Die Trennung der Oberflächenfarbe von ihrer Beleuchtung.

Der Fundamentalversuch von *Katz:* Der Beobachter betrachtet graue Papiere von verschiedener Helligkeit teils ganz nahe liegend, wo sie stark beleuchtet sind, teils in ziemlicher Entfernung, wo die Beleuchtung wesentlich schwächer ist. Dabei werden zwei verschieden weit entfernte Papiere gelegentlich für gleich weiß erklärt, von denen das nähere physikalisch etwa 20mal soviel Licht aussandte wie das fernere. Ihre Qualität wurde als gleich bezeichnet, aber in verschiedener Ausgeprägtheit. Suchte man auf einem nahe stehenden Kreisel das ferner stehende Grau nachzumachen, so gelang die Einordnung nicht ganz. Also nicht alle gesehenen Grau sind in der Weiß-Schwarz-Reihe unterzubringen. Das Resultat bestätigte sich unter den verschiedensten Versuchsbedingungen.

Verdunkelte man eine helle weiße Scheibe durch einen davor sich drehenden Episkotister (Kreisfläche mit verschiebbaren Öffnungen), der bloß 3° Öffnung hatte (also die Helligkeit auf $^1/_{120}$ herabsetzte), so erschien die Scheibe nicht etwa schwarz, wie es dem Wert auf der Netzhaut entsprach, sondern hellgrau oder gar weiß; nur die Eindringlichkeit

ist sehr schwach. Mußte ein anderer Kreisel daneben auf scheinbare gleiche Helligkeit eingestellt werden, so war derselbe nicht etwa = 3° Weiß, sondern ungefähr = 80° Weiß. Es ist, als berücksichtigte der Beobachter teilweise die durch den Episkotister bedingte Herabsetzung der Helligkeit. Es liegen nach der Aussage von *G. E. Müller* scheinbar zwei Farben übereinander, so daß die eine von der andern abstrahiert werden kann.

Die Eindringlichkeit der Farbe ist dagegen, wie messende Versuche zeigten, ganz an den Eindruck auf die Netzhaut gebunden. Ebenso hängt die Unterschiedsempfindlichkeit für verschieden stark beleuchtete Oberflächenfarben ganz von den Netzhautwerten ab und berücksichtigt nicht die Umformung, welche die Netzhauteindrücke durch die zentrale Verarbeitung erleiden.

Wie zu erwarten, gelten ähnliche Resultate, wenn nicht die ganze Beleuchtung herabgesetzt wird, sondern bloß ein Schatten auf die Oberfläche fällt. Es tritt dann eine zentrale Aufhellung ein, um so größer, je tiefer und ausgedehnter die Beschattung ist. Dasselbe läßt sich auch von der Beleuchtung sagen, wie messende Versuche zeigen. Hieraus erklären sich manche Verschiedenheiten der Photographie von der gesehenen Wirklichkeit. Die Photographie gibt höchstens den Netzhauteindruck wieder, nicht den mit der Erfahrung arbeitenden Eindruck des direkten Anblicks. Die Photographie gibt nur einen Ausschnitt aus der Welt, bleibt hinter der natürlichen Größe weit zurück; deshalb erscheinen die einzelnen Teile in andern Deutlichkeitsgraden als die Objekte. Im Verant dagegen, der alles auf natürliche Größe bringt, findet auch eine größere Natürlichkeit hinsichtlich der Lichtverteilung statt.

Da die Umdeutung der Netzhauteindrücke auf die eigentlichen Farben auf Erfahrung beruht, so ist begreiflich, daß die Zahlenwerte der Umänderung individuell erheblich verschieden sind; die optischen Erfahrungen, das Interesse dafür sind verschieden groß. Ebenso hängt die Stärke der Berücksichtigung von der Betrachtungszeit ab; bei kürzerer Zeit geht sie zurück, doch wird auch durch einen Momentverschluß (etwa 0,5 σ Zeit) die Straße in ihrer Beleuchtung und Beschattung noch richtig aufgefaßt. Auch bei einäugiger Betrachtung ist die Berücksichtigung der Beleuchtungsverhältnisse beträchtlich schwächer, etwa um die Hälfte, als bei zweiäugigem Sehen. Es beruht das wohl auf der besseren Erfassung der räumlichen Verhältnisse durch zwei Augen. Dabei ist auch der Glanz deutlicher, ebenso die Raumhaftigkeit und Durchsichtigkeit der Farben.

Auch für bunte Farben gelten ähnliche Gesetzmäßigkeiten. Werden bunte Oberflächenfarben durch einen Episkotister in ihrer Beleuchtung herabgesetzt, so bleibt die Sättigung dabei in hoher Stärke bestehen. Sobald überhaupt die Scheibe sichtbar ist (z. B. bei Episkotisteröffnung von $1/2^0$), treten die Farben sofort mit einer Sättigung auf, die der direkt gesehenen nicht wesentlich nachsteht. Werden Oberflächenfarben durch buntes Licht beleuchtet, so ist die entstehende Buntfärbung niedriger, als nach den Netzhautverhältnissen zu erwarten wäre, wenn auch wie immer die Berücksichtigung keine ideale ist, sondern die Oberflächenfarbe etwas im Sinne der Beleuchtung gefärbt wird. Der Fall *Gelb* beweist, daß die Oberflächenfarbe nicht notwendige Bedingung für die Berücksichtigung der Beleuchtung ist; denn der Kranke besaß trotz seiner Flächenfarben dieselbe Berücksichtigung der Beleuchtung wie der Normale. Dagegen vermag er einen Schatten auf dem Boden nicht als Schatten zu sehen, sondern als dunkle Stelle. Die Flächenfarben sind für ihn Gegenstandsfarben, und dieses Bewußtsein genügt für die Farbenumformung. Auch uns erscheint blaue Tinte, eine Raumfarbe, bei Gasbeleuchtung noch

blau. Dagegen müßte der Kranke für das Schattensehen eine straffe Oberfläche sehen können. was er nicht vermag.

4. Die genaueren Gesetze der Beleuchtung.

a) Die Rolle der Peripherie. Auf der Netzhautperipherie zeigt sich der Unterschied der Farbenerscheinungsweisen fast gar nicht, die Lokalisation ist dort eben sehr ungenau; es wird dort nach Netzhautwerten geurteilt. Dazu wirkt nach *Katz* mit, daß auf der Netzhautperipherie die Oberflächenstruktur des Körpers wegen der geringeren Sehschärfe weniger gut erkannt wird; das gilt nach *Gelb* nicht mehr, wohl aber, daß aus dem gleichen Grunde aufliegende Lichter und Schatten nur zentral gut erkannt werden, ebenso Durchsichtigkeit, Raumhaftigkeit und Glanz. Anders ist es nur, wenn eine Farbe etwa zentral als Oberflächenfarbe erscheint und sich nach der Peripherie fortsetzt, wo man dann dieselbe Eigenschaft auch annimmt. Beim Fall *Gelb* erschienen während der Heilung die Oberflächenfarben erst im zentralen Sehen, während die Ränder noch dicker waren, sich aber, wenn man sie fixierte, sofort anschmiegten. Hier fehlt noch die Bindung, die beim Normalen von dem Zentrum nach der Peripherie wirkt.

Die Bedeutung der peripheren Eindrücke ist für die Wahrnehmung nicht gering anzuschlagen. Wenn man durch enge Röhren das periphere Sehen ausschließt, so ist man im Erkennen von Oberflächen sehr behindert, besonders bei nicht normaler Beleuchtung. Die Peripherie in ihrer Gesamtheit trägt dazu bei, uns die im Gesichtsfeld herrschende Beleuchtungsintensität und -qualität zum Bewußtsein zu bringen. Nur normal beleuchtete Objekte, deren Oberflächenstruktur scharf wahrgenommen wird, beurteilt das Netzhautzentrum auch für sich allein überraschend gut.

b) *Jaensch* nennt die Berücksichtigung der Beleuchtung usw. die Transformation der Helligkeiten oder Farben. Er konnte nachweisen, daß den Gesetzen des niedern Helligkeits- und Farbenkontrastes ganz gleichlautende Parallelgesetze der Transformation entsprechen, deren Wortlaut man gewinnt, indem man statt Umfeld „beleuchteter (beschatteter) Raum“ einsetzt. So beweisen für den Helligkeitskontrast *Jaensch* und *E. A. Müller* (ZPs 83 [1920]): 1) das Parallelgesetz über den Einfluß der steigenden Weißvalenz. Werden die Infelder auf zwei verschiedenen Umfeldern subjektiv gleich gemacht, so sind sie wegen des Kontrastes objektiv verschieden. Es entsprach in einem Falle einer Farbenmischung mit 360° Weiß auf weißem Umfeld eine Mischung mit 199° Weiß auf schwarzem Umfeld. Der Quotient der Weißvalenzen des Infeldes (199/360 = 0,55) kann als Maß der Kontrastwirkung gelten. Dann heißt das erste Gesetz für den Kontrast: Werden auf verschieden hellen Umfeldern gleich erscheinende Infelder eingestellt, so ist die durch den Kontrast bewirkte Helligkeitsänderung um so größer, je heller das Infeld ist. Die Helligkeitsänderung ist der Weißvalenz des Infeldes proportional. Beispielsweise gehört zum Paar 360° Weiß auf Weiß und 199° Weiß auf Schwarz der Quotient 0,55; zum Paar 300° und 110° der Quotient 0,37; zu 240° und 30° der noch kleinere Quotient 0,13 usw. — Dasselbe Gesetz gilt nun auch für die Transformation. Da entspricht beispielsweise 360° Weiß in beschattetem Raume 120° Weiß in normaler Beleuchtung (Quotient 0,3); 80° Weiß in Beschattung 6° Weiß in normaler Beleuchtung (Quotient 0,07) usw.

Eine Ausnahme bildet die Nähe des Indifferenzgebietes, wo das Infeld gleich dem Umfeld wird. Da übersteigt die Wirkung die Proportionalität, und das um so mehr, je näher man dem Indifferenzpunkt kommt. Nach der Selbstbeobachtung ist der Grund dafür, weil das Urteil schwieriger wird, man sich mehr anstrengen muß.

2) Sehen die Infelder auf verschiedenem Umfeld zunächst gleich aus, und vermindert man beide Helligkeiten um objektiv den gleichen Betrag, so entsteht eine Ungleichung, und zwar erscheint die Helligkeit auf schwarzem Umfeld (Beschattung) mehr herabgesetzt.

3) Nach *Ebbinghaus* gilt für den Kontrast: Je dunkler das Umfeld, desto größer die Kontrastaufhellung. Dasselbe gilt für die Transformation.

4) Das Invarianzgesetz: Bei proportionaler Änderung aller Valenzen (also Veränderung der Gesamtbeleuchtung) bleiben die Gleichungen bestehen.

5) Das Gesetz von *Heß* und *Pretori* heißt für den Kontrast: Wird ein kleines Infeld von einem größeren Umfeld umschlossen, so zeigt es eine scheinbare Helligkeit, die unverändert bleibt, wenn die Beleuchtungszuwüchse ein bestimmtes Verhältnis einhalten. Dasselbe gilt auch für die Transformation; die Helligkeit der Infelder bleibt unverändert, wenn die Beleuchtungszuwüchse des In- und Umfeldes ein bestimmtes, von der absoluten Größe unabhängiges Verhältnis einhalten. Wenn also nur eine Beleuchtung besteht, so daß der Beobachter ganz davon umgeben ist, ist die Berücksichtigung der Beleuchtung fast vollkommen. So entsprach 360° Weiß in beschattetem Raume einmal 304° im hellen Raume usw. Die wichtigsten Fälle des gewöhnlichen Lebens sind dieser Art, indem sich die Gesamtbeleuchtung ändert.

6) *Katz* stellte für Transformation den Satz auf: Bei gleicher objektiver Helligkeit sind gleiche Lichtzuwüchse nötig, um eben merklich zu sein, sei die Fläche beschattet oder nicht oder durch beliebige zentrale Bedingungen umgeformt. Zu diesem Satze läßt sich ein Parallelsatz für den Kontrast aufstellen, den schon *Charpentier* kannte: Die eben merkliche Helligkeitszunahme wird durch denselben Lichtzusatz erreicht, ob das Infeld unter Kontrastaufhellung oder -verdunklung steht. Das Gesetz gilt in erheblicher Breite. Diese annähernde Konstanz der Schwellen beim Kontrast verbürgt die angenähert konstante Erscheinungsweise der Sehdinge.

c) Ähnliche Parallelgesetze wie für Helligkeiten gelten für Farbenkontrast und -transformation. 1) So beweist *Jaensch* (ZPs II 52) den ersten Satz von *Pretori* und *Sachs:* Ist beispielsweise das Umfeld rot, das Infeld schwarz, so erscheint das Infeld zunächst schwach rötlich. Setzt man im Infeld mehr Weiß zu, so wird es grau und später grünlich, mit dem Weißzusatz zunehmend. Die Stärke des Kontrastes kann immer durch den zur Neutralisierung nötigen Zusatz der Gegenfarbe im Infeld gemessen werden. Diese Kontrastwirkung ist nach dem Gesetz dem Werte des Weiß proportional. Anders ausgedrückt: Das unter dem Einfluß des Umfeldes grau erscheinende Infeld bleibt grau, wenn seine Weiß- und Farbenvalenzen proportional wachsen. — Dasselbe gilt nun auch für die Transformation: Das unter dem Einfluß farbiger Beleuchtung grau erscheinende Infeld bleibt grau, wenn seine farbige und Weißvalenz proportional wachsen. Nur ist die Farbenänderung bei der Transformation im allgemeinen größer als beim Kontrast, und die Werte sind hier stark individuell verschieden. Weitere Parallelgesetze leitet *Kroh* ab (ZPs II 52), nämlich:

2) Für reine Sättigungsänderungen des Umfeldes fanden *Pretori* und *Sachs:* Einer Sättigungszunahme des Umfeldes entspricht eine Sättigungszunahme des Infeldes. Dasselbe gilt für die Transformation. Es gibt dabei einen höchsten farbigen Sektor des Infeldes, der eben noch neutralisiert werden kann.

3) Für möglichst reine Helligkeitsänderung des Umfeldes gilt: Je größer die Weißvalenz des Umfeldes, desto kleiner die Kontrastwirkung. Genau so gilt es für die Transformation.

4) Für gleichzeitige Änderung von Sättigung und Helligkeit, d. h. werden Weißvalenz und Farbenvalenz des Umfeldes proportional gesteigert (oder wie *Pretori* und *Sachs* es ausdrücken: wird die „Intensität vervielfacht"), so entstehen keine merklichen Änderungen im Kontrast; nur bei sehr großen Änderungen tritt ein geringes Ansteigen des Kontrastes mit Ansteigen der Intensität ein. Dasselbe gilt für die Transformation.

5) Gleichzeitige Änderungen der Weiß- und Farbenvalenzen im Infeld und Umfeld zugleich bewirken keine Änderung der Transformation. Damit erweitert sich das

von *Jaensch* und *Müller* aufgestellte Invarianzgesetz. Dieses gilt wenigstens innerhalb weiter Grenzen. Wenn aber die proportionale Steigerung gewisse Grenzen überschreitet, wächst die Transformation, was auch vom Kontrast gilt. Wegen dieses Gesetzes sind die gewöhnlichen Schwankungen der Tagesbeleuchtung ohne Bedeutung.

6) Wird der Helligkeitskontrast ausgeschaltet und reiner Farbenkontrast (Farbentransformation) bewirkt, so gilt: Die absolute Größe der reinen Farbenbeeinflussung steigt mit der Sättigung des Umfeldes (der Beleuchtung); das wissen wir bereits; aber dazu kommt: Die relative Größe der Beeinflussung steigt mit abnehmender Sättigung. Dieser zweite Teil des Satzes widerlegt *Tschermaks* Annahme einer einfachen Proportionalität. *Helmholtz* hatte einst gefunden, daß sogar bei niedriger Sättigung der Kontrast stärker sei. *Kirschmann* dagegen findet ein Anwachsen des Kontrastes mit wachsender Sättigung in logarithmischem Verhältnis. Die Ergebnisse *Krohs* kommen denen *Kirschmanns* am nächsten. Der Irrtum von *Helmholtz* ist daraus begreiflich, daß seine Messungen mehr Schätzungen waren und bei diesen, wie man zeigen kann, die Eindringlichkeit leicht täuscht.

Gegenüber der Ansicht, daß bei der Transformation die individuellen Verschiedenheiten sehr groß seien, beim Kontrast nicht, kann *Kroh* zeigen, daß auch beim Kontrast gelegentlich starke Unterschiede vorkommen. Von großer Bedeutung für die Transformation ist das Objektbewußtsein: dann setzt sich die eigene Farbe mehr durch, Objektcharakter, Sicherheit der Lokalisation nehmen mehr zu. Mangelhafte Akkommodation drängt sie dagegen zurück. Derselbe Einfluß besteht übrigens beim Kontrast, so daß auch hierin ein Parallelgesetz gilt. *Hering* führte das auf Randkontrast zurück. Aber der Objektcharakter ist die Hauptsache. Wenn bisweilen die Verschiedenheit der Auffassung als das Entscheidende hingestellt wird, so ist damit etwas ähnliches berührt. — Manche Kontrastversuche sind in Wirklichkeit Versuche mit Transformation, besonders in Fällen starken Kontrastes. So ist es bei den farbigen Schatten, wo eine Beleuchtung vorliegt; beim Spiegelversuch, wo das reflektierte farbige Licht den Eindruck der Beleuchtung macht. Auch beim Florkontrast findet *Kroh* den Eindruck der farbigen Beleuchtung wirksam.

5. Zur Theorie. *Hering* betont besonders die Tatsache der Gedächtnisfarben in vielen Beispielen. Der Laie unterscheidet die wirkliche Farbe, die den Dingen unabhängig von unsrem Auge zukommt, von der zufälligen, welche sie unter ungewöhnlichen Umständen annehmen, z. B. das Rot der Berge. Die Farbe, in welcher ein Ding überwiegend oft gesehen wird, prägt sich dem Gedächtnis ein und wird eine feste Eigenschaft des Erinnerungsbildes. So erscheint uns der Schnee weiß, auch wenn er sehr verschieden beleuchtet ist. Daneben legt *Hering* das meiste Gewicht auf die physikalischen (Pupille) und physiologischen Ursachen (Wechselwirkung der Sehfeldelemente). Heute werden die Erklärungen *Herings* für die Farbenkonstanz allgemein als ungenügend angesehen (*Müller, Katz, Jaensch, Köhler*). Sicher spielen bei den farbigen Papieren Gedächtnisfarben keine Rolle.

Katz bringt für die Erklärung vor: Als normale Beleuchtung, an die wir die „eigentliche Farbe" knüpfen, gilt uns diejenige, welche für die Kenntnis der Oberflächenstruktur am günstigsten ist. Diese normale Beleuchtungsstärke ist auch in der Zeit vorherrschend. Wie scheiden wir Beleuchtung und Beleuchtetes? Gewöhnlich sind die Farbenänderungen der Gegenstände bei gleicher Beleuchtung nicht groß, und deshalb kann eine feste Farbe für den Gegenstand gefunden werden. So bildet sich die Vorstellung, daß jedem Gegenstand bei einer ganz bestimmten Beleuchtung und Gleichheit der andern Umstände eine feste Farbe zukommt.

Wie erkennen wir die Verschiedenheit der Beleuchtungsstärke? Es scheint, daß ein beliebiges Gesichtsfeld in uns den Eindruck einer Gesamt-(Durchschnitts-) eindringlichkeit hervorruft, welche für das Bewußtsein der Beleuchtungsstärke maßgebend ist: ist diese Gesamteindringlichkeit groß, so haben wir den Eindruck

einer starken Beleuchtung usw. Wenn sich nun die Objekte im Gesichtsfeld ändern, so macht das für die Gesamteindringlichkeit viel weniger aus als der Beleuchtungswechsel selbst. Denn bei derselben Beleuchtung ist der Unterschied von Tuchschwarz zum hellsten weißen Papier etwa wie 1 : 60. Dagegen kann mit der Beleuchtungsstärke leicht auf $^1/_{360}$ herabgegangen werden, ohne daß sich der Helligkeitseindruck wesentlich ändert, und ist die direkte Sonnenbeleuchtung etwa 100mal stärker als die normale, so daß mit normal gestimmtem Auge Beleuchtungsstärken zwischen den Grenzen 1 : 36000 beobachtet werden. Wenn man bis zur Vollmondbeleuchtung herabgeht, so geht das nach *Helmholtz* noch 20mal tiefer. Also die Gesamteindringlichkeit ist in so viel höherem Grade von der Beleuchtungsstärke als von der Ausfüllung des Gesichtsfeldes abhängig, daß sie als Grundlage für die absolute Beurteilung der jeweils herrschenden Beleuchtungsstärke angesehen werden darf. Wie diese Gesamteindringlichkeit zur Auswertung der farbigen Eindrücke nach Qualität und Ausgeprägtheit dient, bleibt noch näher aufzuklären.

Die buntfarbige Beleuchtung erkennt man daran, daß es bei normaler Beleuchtung nicht vorkommt, daß alle Farben eine so ausgesprochene Tönung in einer bunten Färbung aufweisen.

Jaensch nimmt wegen der durchgängigen Gleichheit der Gesetze zwischen Kontrast und Transformation einen innern Zusammenhang an. Eine Zurückführung auf eine gemeinsame Ursache liegt deshalb nahe. Den Kontrast kann man nicht als das Ursprüngliche betrachten, schon wegen des viel geringeren Betrages seiner Wirkung. Deshalb neigt *Jaensch* dazu, die Transformation als das Ursprüngliche anzusehen. Indessen bleibt das früher angeführte Beweismaterial für die physiologische Natur des Kontrastes unerschüttert, ganz besonders die Fälle, wo eine nicht bemerkte Farbe eine bemerkte Kontrastwirkung hat. Andere möchten deshalb auch auf eine gegenseitige Zurückführung verzichten und verweisen auf die gleichartige Natur des Bewußtseins, die auch auf getrennten Gebieten ähnliche Gesetzmäßigkeiten verursachen könne. Die Frage ist noch völlig dunkel.

§ 6. Die empirischen Bedingungen der Tiefenwahrnehmung.

Literatur. *Er. Becher,* Über umkehrbare Zeichnungen, in ArGsPs 16 (1910) 397 ff. — *Benussi,* Über die Motive der Scheinkörperlichkeit, in ArGsPs 20 (1911) 363 ff. — *Zimmer,* Die Ursachen der Inversionen mehrdeutiger stereometrischer Konturenzeichnungen, in ZPs II 47 (1913) 106 ff. — *F. Schumann,* Die Repräsentation des leeren Raumes, in ZPs 85 (1920) 224 ff.; ders., Die Dimensionen des Sehraumes, in ZPs 86 (1921) 253 ff. — *J. Wittmann,* Die Invertierbarkeit wirklicher Objekte, in ArGsPs 39 (1920) 69 ff.; ders., Über das Sehen von Scheinbewegungen und Scheinkörpern, 1921.

1. Wie geht die Erfahrung in die anschauliche Wahrnehmung ein? Die große Bedeutung der Erfahrung für die Tiefenauffassung wird von niemand geleugnet. Wir haben gelernt, wenn ein Ding so aussieht, ist es so weit entfernt. Genauer heißt das: Das Bild des gesehenen Objektes E verändert sich abhängig von der Entfernung A, also zu E_1 gehört A_1, zu E_2 A_2 usw.: durch häufige Wiederholung kann ich diesen Zusammenhang kennen lernen und zwischen der auf Entfernung hinweisenden Eigentümlichkeit des Bildes (dem Tiefenlokalzeichen) und der zugehörigen Entfernung eine Assoziation bilden. Ist diese Assoziation so fest geworden, daß ihr Ergebnis sofort deutlich auftritt und mit der Empfindung zu sinnlicher Lebhaftigkeit verschmilzt, so haben wir die Tiefenwahrnehmung des Objektes.

Im einzelnen können sowohl Abstandsvorstellungen wie Lokalzeichen der Tiefe sehr verschieden sein. Die Abstandsvorstellung ist etwa die Vorstellung

einer Armbewegung, die ich machen muß, um das Objekt zu fassen, oder die Vorstellung einer bestimmten Anzahl Schritte bis zu ihm hin. Im letzteren Falle ist die Tiefenauffassung kein wirkliches Sehen der Entfernung. Eine visuelle Abstandsvorstellung ist nämlich eine innerlich gesehene Linie von einer bestimmten übersehbaren Länge und Richtung, welche sich zwischen mir und dem Objekt erstreckt und welche zum Bilde des Gegenstandes hinzugefügt wird. Sie macht dann denselben lebhaften sinnlichen Eindruck wie die Empfindung der Breite und Höhe.

Können zwei Farben genau hintereinander gesehen werden? *Helmholtz* bejahte es; die vordere Fläche erstrecke sich dann ununterbrochen über die ganze hintere. *Hering* fand zunächst dasselbe; aber bei späteren strengeren Versuchsbedingungen schloß er es aus; die vordere Fläche bestehe da aus Bruchstücken. In Versuchen *Schumanns* fanden einige Versuchspersonen für kurze Zeit das Hintereinander, wenn sie die Figuren als Ganzes hervortreten ließen. *Wertheimer* erhielt es beim Versuch sofort und gab auch die Bedingungen an, worauf es nun auch andern leichter gelang. Sobald ein Teil der vorderen Fläche für sich herausgehoben wird, hört das Hintereinandersehen sofort auf. Dasselbe gelang auch *Gelb, Köhler, Henning,* so daß *Schumann* an der Tatsache nicht zweifeln zu können glaubt, obwohl es ihm selbst nicht gelinge. *Henning* (ZPs 86) erreicht das Hintereinandersehen besonders dadurch, daß er beiden Augen verschiedene Objekte bietet und dann stereoskopisch das eine durch das andere sehen läßt. So kann man durch einen grünen Karton, der dann durchsichtig erscheint, einen Hintergrund in seiner natürlichen Färbung sehen. Die durchsichtige Farbe kann Glanz oder Oberflächenstruktur zeigen, hat Entfernung und Neigung des Kartons. Man kann so eine hintere Farbe durch eine vordere Raumfarbe sehen, wobei erstere Flächen-, Oberflächen- und Raumfarbe sein kann. Wesentlich ist nur, daß der Wettstreit durch Aufmerksamkeitskonzentration ausgeschaltet wird.

Helmholtz ging noch weiter und behauptete, daß verschiedene Farben ineinander, d. h. ganz am selben Ort gesehen werden könnten; Rot und Blau brächten dann kein Purpur hervor, sondern seien gleichzeitig zu sehen. *Henning* findet dasselbe, nur gelinge es nicht allen. Jede Figur muß dafür mit starker Aufmerksamkeit aufgefaßt werden. Dann können die Grenzlinien des verschmolzenen Bildes beide Farben am gleichen Orte haben; selbst zwei farbige Flächen kann man so miteinander vereinigen, wenn auch mit großer Mühe.

Nach *Schumann* wird auch der leere Raum gesehen; das Dunkle erscheint raumhaft, erfüllt die leere Ecke. In stereoskopischen Bildern heißt das Material oft luftig oder glasartig. Die Oberfläche besteht scheinbar aus Glas, das Innere des Körpers erscheint als weniger dichtes Medium, mit vielen Punkten in verschiedener Entfernung. Der oft erwähnte Glas- und Lufteindruck unterscheidet sich bloß durch Kompaktheit. Dagegen unterscheiden ihn alle vom durchsichtigen raumhaften Grau; die wasserhelle Luft verdränge morgens das Grau.

Schumann spricht von einer Glasempfindung; sie tritt auch beim einfachen Bilde auf, das dann plastisch erscheint. Die kleinen Punkte und Stäubchen helfen mit, wenn in eine Ebene angeordnet, den Eindruck einer Glasplatte, wenn in die Tiefe eingeordnet, den eines Glaskörpers auszumachen. Bei Verdunklung tritt raumhafte Grauempfindung dazu und verdrängt die Glasempfindung. — Nach der Gesamtbeschreibung möchte man an die Vorstellung des leeren Raumes denken, dessen Grenzen auseinander lokalisiert sind und dessen Inhalt bisweilen durch Stäubchen den Eindruck eines völlig durchsichtigen Körpers macht, am Tage heller, deshalb Glas genannt, in der Dämmerung dunkler. Ein klarer Gegensatz zwischen beiden Fällen ist nicht sichergestellt.

Die Eigentümlichkeit des Bildes, welche für die verschiedene Tiefe bestimmend ist, ist verschiedener Natur.

2. Die einzelnen empirischen Bedingungen.

a) Die Größe des Netzhautbildes. Je ferner der Gegenstand, desto kleiner ist sein Netzhautbild, sein Gesichtswinkel. Wenn wir also die absolute Größe eines Gegenstandes kennen, z. B. bei Menschen, Haustieren, so können wir die Entfernung richtig schätzen. Wird die Größe eines Objektes falsch beurteilt, so wird auch die gesehene Entfernung falsch. Wie leicht scheinbare Vergrößerung in scheinbare Nähe umgedeutet wird, zeigt sich darin, daß wir gewöhnlich die im Fernrohr gesehenen Teile der Landschaft nicht größer zu sehen glauben, sondern nur näher (*Helmholtz*). — Freilich sehen wir die scheinbare Größe des Netzhautbildes nicht selbst. Es muß sich deshalb eine rein physiologische Assoziation ausbilden, wenigstens bei sehr geläufigen Objekten.

b) Die Deutlichkeit, mit der die Linien des Objektes uns bemerkbar sind. Ein fernes Objekt erscheint in seinen Einzelheiten undeutlicher, teils wegen Lichtabsorption in der Atmosphäre, teils weil die Einzelheiten zu klein sind (Sehschärfe). Dazu kommt die Luftperspektive, die Verschiedenheit der Färbung. Ferne Objekte werden bläulich, wenn sie dunkel sind; rötlich, wenn hell. Ein Bewohner der Ebene unterschätzt deshalb im Anfang in den Alpen die Entfernungen; die Atmosphäre ist dort viel klarer, als er es gewohnt ist. Wenn gar durch Föhn die Luft durchsichtiger geworden, erscheinen die Berge außerordentlich näher gerückt. Übrigens verändert schon auf kleinere Abstände die Luft die Farben der Gegenstände; die Maler verstehen es wiederzugeben, wie die Luft die Objekte umspielt. *Katz:* Nicht die Verfärbung durch die zwischenliegende Luft ist ein Anzeichen für die Entfernung, sondern die dadurch bewirkte Undeutlichkeit der Linien, die Unsichtbarkeit der Einzelheiten. Aber die so bewirkte Lokalisation und die Wahrnehmung der Atmosphäre macht, daß wir die Farbenänderungen zurücktreten lassen.

c) Die Verhältnisse von Schatten und Verdeckung. Ihretwegen sehen wir die Wolkengruppen und fernen Berge körperlich. Deshalb ist die Landschaft bei schiefer Beleuchtung deutlicher erkennbar als bei hochstehender Sonne. Wenn ein Hügel einen andern teilweise verdeckt, erscheint er natürlich näher. Das Relief auf Matrizen kann man umkehren, indem man sie unbemerkt von der andern Seite her beleuchtet.

d) Von einiger Bedeutung ist auch die Zahl der Zwischenobjekte. Je größer sie ist, desto größer erscheint die Entfernung. Deshalb kommt uns ein leeres Zimmer immer kleiner vor als ein möbliertes. Wer zum erstenmal am Meere steht, unterschätzt die Entfernung bis zu einem Schiff bedeutend.

e) Die Winkelverschiebung bei Bewegung. Bewege ich mich an einem Objekt vorbei, so bleibt dasselbe scheinbar zurück, und zwar ein entfernteres Objekt weniger stark als ein näheres. Auch zeigt das nähere Objekt schon bei kleinerer Bewegung eine größere Veränderung des Aussehens. Diese Veränderung schon bei Bewegung des Kopfes gibt Einäugigen richtige Anschauungen von den Entfernungen der Objekte.

3. Anwendung auf das plastische Sehen von ebenen Bildern.

a) Die große Bedeutung der empirischen Bedingungen sieht man besonders daran, daß es mit ihrer Hilfe gelingt, reine Flächenbilder zu voller

sinnlicher Körperlichkeit zu erheben, wenn man z. B. ein gut perspektivisches Bild mit einem einzigen Auge betrachtet; noch besser, wenn durch eine Röhre, die den störenden Rand des Bildes ausschließt, oder durch eine große Konvexlinse. Beim Rundgemälde wird dieselbe Wirkung erreicht, weil man so weit vom Bilde entfernt ist, daß das Doppelauge wenig stört und der Zwischenraum teilweise durch Gegenstände von etwas weniger als natürlicher Größe maskiert ist, so daß man zum Weiterhinausschieben des dargestellten Objektes verleitet wird. Das Höchste in dieser Verdinglichung der Bilder leistet der Verant (Fig. 42), in dem man eine Photographie in eine solche Entfernung vom Auge bringt, daß von ihr dasselbe Netzhautbild erzeugt wird, wie es vom wirklichen körperlichen Objekt erzeugt worden wäre. Die Verantlinse erlaubt, daß man nahe genug an das Bild herangehen kann, ohne es unscharf zu sehen. Eine gewöhnliche Linse hätte noch den Nachteil, daß man bloß mit geradeaus gerichtetem Blicke scharf sieht, während gerade die Blickbewegungen für das Tiefensehen wichtig sind. Die Verantlinse ist aber so konstruiert, daß sie auch nach der Seite scharf sehen läßt (*Jaensch*).

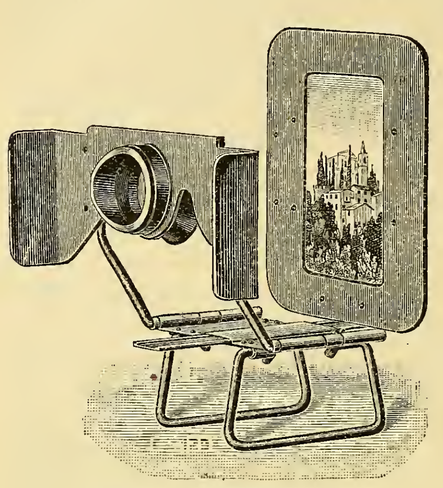


Fig. 42. Der *Zeiß*sche Verant.

b) Worin besteht die Eigenart des Sehens eines plastischen Bildes? Nach *v. Aster* (ZPs 43 [1906]) soll es sich dabei um eine besondere Auffassungsform handeln. Wird z. B. ein Rhombus als ebene Figur gesehen, so ist die Auffassung eine gleichzeitige; bei der körperlichen Auffassung desselben als einer in die Tiefe sich erstreckenden Wand dagegen wird er nacheinander durchlaufen (Fig. 43); das bedeutet nicht notwendig Augenbewegungen, es genügt eine Blickwanderung der Aufmerksamkeit. Diese räumliche Auffassung tritt leichter ein, wenn man den Rhombus durch (scheinbare) horizontale Linien durchzieht. Das Durchlaufen geht dann in deren Richtung in die Ferne. Also bei der räumlichen Auffassung eines Bildes folgen wir denjenigen Graden, die im wirklichen Raume horizontal in die Tiefe gerichtet wären. Der vorderste Punkt der in die Tiefe gehenden Linie ist am meisten beachtet, nach der Tiefe nimmt die Beachtung ab.

c
a
d
b

Fig. 43.

Bei der Wahrnehmung der körperlichen Wirklichkeit finden wir nämlich dieselben Eigenschaften wieder. Es regt die körperliche Auffassung an, wenn durch die Landschaft ein Weg in die Tiefe geht. In einer Straße ist eine ganze Menge von in die Tiefe ziehenden Horizontalen vereinigt: die Linie des Fußbodens, die Spitzen der Laternen, die Dächer der Häuser usw. Die Abnahme der Größe der Vertikalen ist eine unmittelbare Bedingung für die Abnahme der Beachtung, also für die

Eigentümlichkeit des Beachtungsreliefs. — Auch das Durchlaufen der sich in die Tiefe erstreckenden Linien wird uns durch die Betrachtung der Körper selbst aufgedrängt. Die von uns abstehende körperliche Linie wird nämlich nur in einem Punkte einfach, in den andern doppelt gesehen. Will man sie klar sehen, so muß man sie durchlaufen. Auch das Beachtungsrelief erklärt sich aus der Anschauung der Körperwelt. Das Nähere drängt sich der Aufmerksamkeit immer mehr auf, schon wegen der größeren Deutlichkeit. Deshalb bedeutet uns das Wort Hintergrund geradezu das, was wir vernachlässigen. Übrigens ist die Körperlichkeit nicht absolut an die geschilderten, besonders günstigen Umstände gebunden; nicht immer gehen horizontale Linien in die Tiefe oder liegt das zuerst beachtete in größerer Nähe.

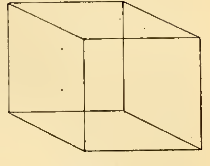


Fig. 44.

c) Die Malerei benutzt fast alle genannten empirischen Hilfsmittel, um dem Bilde eine möglichst große Illusion der Körperlichkeit zu verleihen. Vor allem die scheinbare Größe der Bildteile, die malerische Perspektive. Sind die Größen der dargestellten Objekte nicht eindeutig, wie Felsen, Eisblöcke, so wird durch Menschen, Tiere usw. für einen Anhaltspunkt gesorgt. Von Bedeutung sind auch die verschiedene Färbung, Luftperspektive, Verdeckungsverhältnisse. Besonders in der älteren Malerei der Renaissance galt die perspektivisch richtige Zeichnung alles. Für *Leonardo da Vinci* ist das Wichtigste der Kunst, Flaches erhaben, körperlich erscheinen zu lassen, wofür er die Benützung des Spiegels empfiehlt.

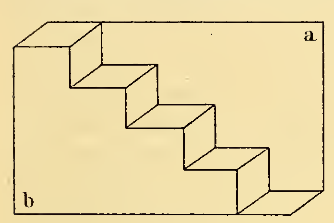


Fig. 45. Die *Schröder*sche Treppe.

4. Die umkehrbaren perspektivischen Täuschungen. Ein Würfel (Fig. 44) kann als auf dem Boden stehend gesehen werden (etwas von oben gesehen) oder als ein an die Mauer gehängter Briefkasten (etwas von unten gesehen). Jede Deutung besteht, solange sie vorhanden ist, mit voller sinnlicher Deutlichkeit. Ähnlich die *Schröder*sche Treppe (Fig. 45), welche ebensowohl als Treppe wie als überhängendes Mauerstück gesehen werden kann (das letztere anfangs am leichtesten, wenn man die Treppenauffassung festhält und dann die Zeichnung allmählich um 180° dreht). *Wundt* bietet eine Nebeneinanderordnung von zwei Prismen (Fig. 46), die abwechselnd ihr Relief umkehren, so daß jedes der Reihe nach hohl oder erhaben erscheint. Die Zahl der sichtbaren Formen ist noch viel größer, als gewöhnlich angegeben wird. So kann man den Würfel auch sehen als ebenes Liniengebilde, oder das Ganze als Drahtgestell oder als Gebilde aus teils durchsichtigen, teils undurchsichtigen Flächen, als Pyramidenstumpf mit dem mittelsten Rechteck als Oberfläche. In der gewöhnlich gesehenen Würfelfigur erscheint jedesmal das hintere Quadrat als größer, die Linien dorthin erscheinen als divergierend.

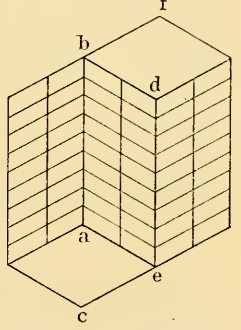


Fig. 46. Umkehrbare perspektivische Täuschung (nach *Wundt*).

Warum im Augenblick diese Figur gesehen wird, ist noch nicht sicher aufgeklärt. Ältere Erklärer dachten an den Einfluß der Vorstellung: so *Hoppe, Hering, Helmholtz;* doch war bekannt, daß die Vorstellung allein oft nicht genügt, sofort eine bestimmte Anschauung zu erzwingen, und daß die Umkehrung auch unwillkürlich auftreten kann. Nach *Wundt* ist Blickbewegung und Augenstellung das Entscheidende: näher erscheinen die Teile, von denen die Blickbewegung ausgeht, oder bei ruhendem Auge, die fixiert werden. Der Grund ist, daß die nächstliegenden Teile eines Körpers gewöhnlich zuerst fixiert werden und erst später die Augenbewegung den Grenzlinien entlang läuft. Die Nachprüfung

bestätigt, daß die Fixation eines Punktes sein Nähererscheinen begünstigt; doch ist diese Bedingung weder notwendig noch ausreichend. Man kann nicht bei jeder Figur durch bloßes Fixieren eines Punktes die zugehörige Körpergestalt sehen, noch weniger bei schnellem Hin- und Hergehen zwischen zwei Punkten ebensoviele Umkehrungen erzielen. Wenn man von der Figur ein Nachbild entwirft, sieht man in demselben ebensogut Umkehrungen wie sonst, obwohl da die Fixation nicht mehr wandern kann. Genauer fand *Zimmer*, daß die Augenbewegung ganz regelmäßig erst nach der Umkehrung auftritt (1″ später), also nicht deren Ursache ist, sondern vielmehr eine Anpassung an die veränderte Raumwahrnehmung selbst. Manche Beobachter können die Umkehrung willkürlich hervorrufen, wenn auch nicht beliebig lang bewahren. Oft gelingt sie zuerst zufällig einmal und dann später leichter, weil man weiß, was man zu erwarten hat.

Man kann bisweilen auch Körper umgekehrt sehen, wie schon *Aguilonius* (1613) angab; *Wheatstone* beobachtete es in Drahtmodellen bei einäugigem Betrachten. *Burmester* bei Objekten auch zweiäugig; *Wittmann* sogar in nächster Nähe beim Serviettenring, Löffel usw. Bei einer körperlichen Ecke, die aus drei Vierecken bestand, beobachtete er neben der totalen Umkehrung auch die Umkehrung der Eckenpyramide, während die übrigen Dreiecke blieben; ferner deren Umkehrung und noch viele Mischformen. Bei der Umkehrung wird dann die Beleuchtung unnatürlich und muß umgedeutet werden; einige Flächen erscheinen helleuchtend, durchsichtig, die wirklich beschatteten dagegen wie dunkel angestrichen. Dadurch erhält der umgekehrte Körper eine andere Objektivität als der wirkliche mit seiner Festigkeit und Schwere. Der natürliche Körper behält bei Bewegung die gegenseitige Lage seiner Flächen bei, bei bloßer Kopfbewegung seine Unbeweglichkeit. Der umgekehrte Körper dagegen dreht sich mit der Blickrichtung mit, erleidet die seltsamsten Scheinbewegungen, Streckungen und Krümmungen seiner Flächen (*Wittmann*). *v. Hornbostel* beschreibt den Widerstreit zwischen Sehraum und Tastraum, wenn man den umgekehrten Würfel aus Draht in der Hand bewegt (PsFo 1).

5. Kann die Tiefenlokalisation unbestimmt sein? *Wundt* bemerkt die Unbestimmtheit der Entfernung, wenn man die Objekte durch eine Röhre anblickt. Nach *Witasek* ist die Sehtiefe bei einäugigem Sehen notwendig unbestimmt, wenn von Vorstellungen abgesehen wird. Bei Versuchen *Karpinskas* war oft unklar, ob die Bildteile flach oder gekrümmt seien. Bei *Katz* erwies sich das Augenschwarz als stark unbestimmt; ebenso sind es die Flächenfarben in höherem Grade. *Hillebrand* hält das für widersinnig. Mitunter mögen die äußern Bedingungen nicht hinreichen, um eine bestimmte Sehtiefe zu geben, so daß dann den inneren Bedingungen freier Spielraum gelassen sei. Die Lokalisation sei deshalb nicht konstant, sondern wechselnd. Dagegen findet *Heinrich Hofmann* (ArGsPs 26), daß es deutliche Unterschiede in der Art der Tiefenlokalisation gebe. Betrachtet man durch das Fenster die Fläche der gegenüberliegenden Häuser, so wird die Tiefe immer weniger bestimmt, je weiter man vom Fenster wegsteht. Man sieht wohl, daß die Häuserflächen weiter weg sind als der Fensterrahmen, kann aber eine Vergleichung des wievielmal nicht ausführen. Der Unterschied der Bestimmtheit um so klarer hervor, je kleiner das Fenster ist. Ebenso nimmt mit größerer Entfernung, mit dem Übergang in die Peripherie die Bestimmtheit ab. Gleichfalls ist in der bildlichen Darstellung die Tiefe unbestimmter. Allgemein unterscheiden die Beobachter sehr wohl zwischen der wechselnden und der unbestimmten Lokalisation. Nach *G. E. Müller* ist starke Konzentration auf die Eigenart des Bildes geeignet, die Lokalisation zurücktreten zu lassen. Er findet nicht einmal die Behauptung haltbar, daß keine unbestimmte Lokalisation hinsichtlich der Breite und Höhe vorkommen könne.

§ 7. Akkommodation und Konvergenz.

Literatur. *Hillebrand,* Das Verhältnis von Akkommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation, in ZPs 7 (1894) 97 ff. — *Arrer,* Über die Bedeutung der Konvergenz- und Akkommodationsbewegungen für die Tiefenwahrnehmungen, in PhSd 13 (1898) 116 ff. — *Hillebrand,* In Sachen der optischen Tiefenlokalisation, in ZPs 16 (1898) 71 ff. — *Baird,* The influence of accommodation etc., in AmJPs 14 (1903) 150 ff. — *R. Peter,* Untersuchungen über die Beziehungen zwischen primären und sekundären Faktoren der Tiefenwahrnehmung, in ArGsPs 34 (1915) 515 ff.

Die Empfindungen von Augenmuskelspannungen. Bei den rein empirischen Bedingungen war die Bekanntheit des zu lokalisierenden Objektes oder Lokalzeichens wesentliche Vorbedingung. Hier dagegen haben wir Kriterien, die durch die Natur des Auges gegeben sind und ebensogut ganz neue Objekte lokalisieren. Es sind zunächst die Augenmuskelempfindungen. Heute wird gewöhnlich die Lokalisation relativ zur Kernfläche (der Ausgangsfläche der Tiefenschätzung) bei zweiäugigem Sehen auf die Verschiedenheit der Netzhautbilder zurückgeführt. Die Lokalisation der Kernfläche selbst dagegen denkt man sich gewöhnlich auf Konvergenz beruhend.

1. Akkommodation.

Wie eine photographische Kamera ist auch das Auge bei einem bestimmten Verhalten nur auf eine bestimmte Entfernung eingestellt. Um es auf andere Entfernungen scharf einzustellen, muß eine Veränderung vorgenommen werden: die Akkommodation. Beim menschlichen Auge besteht sie darin, daß die Linse in ihrer Wölbung und damit die brechende Kraft des ganzen Auges willkürlich verändert werden kann.

Im Ruhezustand ist das Auge auf einen gewissen Punkt eingestellt, den „Fernpunkt". Dieser Fernpunkt liegt beim normalen (emmetropen) Auge im Unendlichen, d. h. ein in großer Ferne befindliches Objekt wird dann auf der Netzhaut scharf abgebildet. Bei anomaler Brechung des Auges ist das anders. Ist die brechende Kraft des Auges zu groß, so werden schon aus endlicher Entfernung kommende Strahlen auf der Netzhaut scharf abgebildet, der Fernpunkt dieses kurzsichtigen (myopen) Auges liegt im Endlichen. Die Kurzsichtigkeit beruht nach *Javal* auf einer Verlängerung des Auges, die durch angestrengte Naharbeit veranlaßt wird. Sie kann stationär werden, wenn man sich gewöhnt, beim Lesen den Druck nie näher als 30 *cm* zu halten und den Zeilen durch Kopfbewegung zu folgen. Ist die brechende Kraft des Auges zu klein (weitsichtig, hypermetrop), so liegt der Fernpunkt mathematisch gesprochen hinter dem Auge, d. h. die einfallenden Strahlen müssen konvergent sein, um auf der Netzhaut ein scharfes Bild zu erzielen. Die Anomalie wird praktisch behoben durch die Brille. eine Linse, welche mit dem Auge zusammen wieder die normale brechende Kraft gibt, die ungefähr 63 Dioptrien (63 *D*) beträgt. (Eine Dioptrie ist die brechende Kraft einer Linse von 1 *m* Brennweite. Die Rechnung mit Dioptrien hat den Vorteil. daß man die Dioptrienzahlen mehrerer hintereinander geschalteter Systeme praktisch einfach addieren kann, um ihre Gesamtwirkung zu erfahren.) Wir brauchen im Folgenden bloß vom normalen Auge zu handeln, da die andern normal gemacht werden können.

Durch Akkommodation wird das im Ruhezustand auf unendlich eingestellte Auge auf eine endliche Entfernung eingestellt, so daß diese nun scharf gesehen wird. Je stärker akkommodiert wird, desto näher rückt der Punkt der scharfen Abbildung. Der Punkt, auf den bei stärkster Akkommodation eingestellt ist, heißt der Nahepunkt. Er liegt beim normalen Auge in etwa 12 *cm* Entfernung vom Auge. Die Akkommodationskraft (Akkommodationsbreite) ist der Betrag, um den die brechende Kraft des Auges bei höchster Anspannung der Akkommodation erhöht

werden kann. Sie nimmt mit den Jahren gesetzmäßig ab. Bei 10 Jahren ist sie etwa = 14 *D*, bei 30 Jahren = 7 *D*, bei 60 Jahren = 1 *D*. Im Alter wird nämlich die Linse härter, kann sich nicht mehr gleich stark wölben; deshalb rückt der Nahepunkt immer weiter nach außen (die Presbyopie). Zu erkennende Gegenstände müssen dann ferner gehalten werden, oder wenn so ihr Bild zu klein würde, muß durch eine Konvexbrille der Nahepunkt wieder genähert werden.

Die Bedeutung der Akkommodation für die Tiefenwahrnehmung. Mit verschiedener Entfernung des Objektes, das fixiert wird, ist eine verschiedene Akkommodation verknüpft. Die Akkommodation auf die Nähe braucht $1^1/_2''$, auf die Ferne etwa halb so lang (*Bourdon*). Wenn diese Muskelkontraktion eine entsprechende Empfindung nach sich zieht, so kann sich also eine Assoziation bilden und die Akkommodation Lokalzeichen für die Tiefe werden. Freilich werden die Grenzen für diese Bedingung eng sein; für mehr als 2 *m* kommt sie kaum mehr in Betracht.

Wundt bestimmte zuerst bei einäugiger Betrachtung die Tiefenschwellen eines dünnen Fadens. Er fand: Ein Urteil über absolute Entfernung ist nicht möglich, sondern nur über relative. Die Schwellen für weitere Entfernung des Objektes waren immer größer als für dessen Annäherung. Im Mittel betrug die Unterschiedsempfindlichkeit etwa $^1/_{10}$ der verglichenen Strecke. Für die Annäherung nahm er die Akkommodation als Kriterium an, für die Entfernung den veränderten Gesichtswinkel des Fadens. — Um den Einfluß des Größenwinkels auszuschließen, ließ *Hillebrand* in eigenen Versuchen auf die scharfe Kante eines Kartons einstellen, der sich vom Hintergrund abhob. Ließ er diese Kante sich allmählich nähern oder entfernen und gleichzeitig den Blick ihr folgen, so konnte die Richtung der Bewegung nicht angegeben werden. Dadurch ist nach ihm ausgeschlossen, daß die Akkommodation als solche (und dasselbe gelte von der damit assoziierten Konvergenz) über die Tiefenverschiedenheit etwas aussage. Wurden direkt nacheinander zwei Kanten in verschiedener Entfernung dargeboten, so konnte die relative Tiefe bei einer gewissen Entfernung erkannt werden. *Hillebrand* erklärt das so: Vom fixierten Objekt ausgehend, stellt man etwa auf größere Nähe ein; wird dann das zweite Objekt schärfer gegeben, so weiß man, daß es näher ist, nicht wegen der Verschiedenheit von Akkommodationsempfindungen, sondern wegen des optisch sichtbaren Erfolges.

Der Versuch wurde von *Dixon* und *Arrer* bestätigt, wenn sie sich auch den daran geknüpften Erklärungen nicht anschlossen. *Baird* fand bei plötzlicher Änderung der Entfernung Schwellenwerte, die kleiner waren als die *Hillebrands*, und zwar größer für Entfernung als für Annäherung; für mittlere Sicherheit schwankten die Werte bei Annäherung zwischen 10 und 20%, für Entfernung zwischen 20 und 40% (die viel kleineren Werte von *Wundt* und *Arrer* sind damit nicht vergleichbar, weil mit Fäden erlangt). Das Kriterium der Zerstreuungskreise war durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen. Wurde die Entfernung der Kante langsam verändert, aber erst nachdem sie richtig fixiert war, so wurden die Schwellen höher als bei plötzlicher Änderung, blieben aber bestimmbar. Die negativen Befunde *Hillebrands* führt er darauf zurück, daß dort die anfäng-

liche Fixierung erschwert war. Aus allem schließt er, daß die Akkommodation das Tiefenkriterium bildete. Durch *v. Frey* wissen wir, daß auch sonst bei Druck die Unterschiedsschwelle für Zunahme des Druckes kleiner ist als für die Abnahme.

Peter fand bei einäugiger Beobachtung heller Kreise von verschiedener Größe und Entfernung, daß die Beobachter zunächst ratlos sind, außer für nächste Nähe, bis etwa 60 *cm* (was wohl die unbedeutende Rolle dieses Faktors im Leben beweist). Doch setzte dann die Übung ein. Ein Beobachter stellte erst auf unendlich ein und beachtete, welches Objekt beim Akkommodieren zunächst scharf wurde. So gewann er allmählich eine erstaunliche Sicherheit für immer kleinere Darbietungszeiten. Doch handelt es sich dann mehr um eine optische als um die hier fragliche Muskelempfindung. Nach *Bourdon* hilft die Akkommodation wenig; man fühlt sie bei größerer Stärke als Spannung im Auge; ihr folgt die Konvergenz des verdeckten Auges, die aber natürlich nicht mehr geben kann als die Akkommodation, der sie folgt, und nicht einmal genau folgt. Beim einäugigen Sehen ist das wirkliche Mittel die Bildverschiedenheit bei Kopfbewegung, die 5 *m* und 6 *m* leicht unterscheidet.

2. Konvergenz.

Ein gewisser Zusammenhang zwischen Konvergenz der Augen und Tiefenlokalisation ist lange anerkannt. Schon *Wheatstone* fand bei Stereoskopversuchen, daß bei Zunahme der Konvergenz und gleichbleibender Netzhautbildgröße die scheinbare Entfernung des Objektes abnahm. Genauer *Hillebrand:* Man gewinnt bei steigender Konvergenz im Haploskop den Eindruck, daß das Objekt näher rückt, aber lange nicht so stark, wie es der Konvergenz entsprechen würde. So erschien bei der Konvergenz 0 das Objekt nicht unendlich groß, bei größter Konvergenz nicht übermäßig nahe. Während der Konvergenzbewegung ist der Eindruck des Näherrückens ein sehr starker, aber am Schluß die Entfernungsveränderung keine sehr große. Selbst bei Divergenz gibt es nach *Hering* einen Kernpunkt, wenn auch keinen Fixationspunkt. Nach *Wittmann* ist das Objekt dann nicht einmal sehr weit weg. Man kann dabei noch relative Tiefenverschiebungen bemerken. — Danach steht fest, daß der Konvergenzänderung klare Tiefenänderungen entsprechen.

Anders steht es mit der Frage, ob die Konvergenz allein Tiefenverschiedenheiten ruhender Objekte zu erkennen gestattet und in welchem Grade. *Wundt* fand bei seinen frühesten Versuchen für Entfernen eines Fadens die Unterschiedsempfindlichkeit von $^1/_{50}$, was er auf Konvergenz bezog. *Hillebrand* dagegen leugnet die Bedeutung der Konvergenz für die Feststellung der relativen Tiefe. Mit Recht macht er auf die Fehlerquellen der *Wundt*schen Versuche aufmerksam, vor allem die Verschiedenheit der Netzhautbilder. Dazu kommt die Bekanntheit der Objekte, die Dicke des Fadens usw.

Bourdon findet bei Verwendung bloß eines Objektes im Sehraum und unregelmäßigen Bewegungen zwischen den Beobachtungen, daß 2 *m* und 3 *m* sicher unterscheidbar sind; ebenso 7 *m* und 25 *m*. Wurden leuchtende Objekte angewandt, bei denen Größe und Lichtstärke gleich erschienen, so wurden aber selbst 2 *m* und 20 *m* oft verwechselt. Er schließt sich deshalb der Ansicht *Hillebrands* von der Bedeutungslosigkeit der Konvergenz für die Tiefenverschiedenheit an. Die absolute Entfernungsschätzung ist bei einiger Entfernung äußerst unsicher. Bei 4 *m* war

sie sehr ungenau, es wurde bisweilen auf 10—20 *m* geraten. *Jaensch* hält die negativen Resultate *Hillebrands* nicht für durchschlagend, weil dabei ein wichtiges Hilfsmittel jedes Tiefensehens, die Wanderung des Blickes, beeinträchtigt gewesen sei. Auf die Bedeutung dieser Anschauungen werden wir zurückkommen.

§ 8. Die Zuordnung der Netzhautpunkte.

Durch das Zusammenwirken beider Augen wird schon das Sehfeld seitlich etwas mehr ausgedehnt und hat keinen blinden Fleck mehr. Die Hauptfrage, die uns nun beschäftigt, ist: Was geschieht, wenn gleiche oder auch verschiedene Reize auf korrespondierende Punkte beider Netzhäute einwirken? Was, wenn der gleiche Reiz auf zwei nichtkorrespondierende Punkte trifft?

1. Die korrespondierenden Netzhautpunkte sind, wie wir wissen (§ 3), Punkte beider Augen, welche sich im gemeinsamen Sehfeld decken. Sie heißen auch Deckpunkte, identische Punkte. Die beiden Stellen können sich vertreten, ohne daß am scheinbaren Ort der Empfindung etwas geändert wird (*Hering*).

a) Welches sind diese korrespondierenden (zusammengehörigen) Punkte? Zur ersten Übersicht kann man sagen: Man denke sich beide Netzhäute so aufeinander gelegt, daß Mittelpunkte und Mittelschnitte zur Deckung kommen; dann liefert jede Durchstechung mit einer Nadel zwei korrespondierende Punkte. Genauer sind es vor allem die Netzhautgruben, dann die Punkte, welche auf den scheinbaren mittleren Längsschnitten (vertikalen Meridianen) vom Zentrum nach derselben Richtung gleich weit entfernt sind. Auf den mittleren Querschnitten sind es nicht genau die Punkte, welche vom Zentrum nach derselben Richtung gleich weit entfernt sind (*Kundt*sche Teilung), sondern die nach innen gelegenen müssen etwas weiter vom Zentrum entfernt sein als die nach außen gelegenen des andern Auges. Dann alle Schnittpunkte von Querschnitten mit Längsschnitten, welche durch korrespondierende Punkte der Mittelschnitte parallel zu ihnen gelegt sind. Gegen den Rand hin besteht die bekannte konkave Abweichung.

Wird eine vertikale Gerade mit beiden Augen fixiert, so bildet sie sich nicht auf korrespondierenden Netzhautpunkten ab; trotzdem wird sie einfach und vertikal gesehen. Dasselbe gilt von den Parallelen zu ihr. Also unter gewissen Umständen kleinster Abweichung von der Korrespondenz können die Ortsverschiedenheiten sich ausgleichen, so daß es zu einer mittleren Ortsempfindung kommt.

Auf zwei korrespondierenden Punkten haben wir eine Empfindung; zwei Empfindungen, die völlig gleiche Inhalte haben, Qualität, Intensität, Dauer und Ortswert, fallen für das Bewußtsein zusammen.

Der Inbegriff derjenigen Punkte des Raumes, welche sich auf korrespondierenden Stellen beider Netzhäute abbilden und deshalb einfach gesehen werden, heißt der Horopter (Punkthoropter nach *Helmholtz*). Wenn man die Netzhaut schematisiert, nennt man den so berechneten Horopter den mathematischen Horopter. Er ist dann, wie *Hering* fand, eine Kurve doppelter Krümmung, auf einem Zylindermantel liegend, und geht durch die Augen und den Fixationspunkt. Unter Umständen fällt er zusammen mit einem Kreise (dem *Müller*schen Horopterkreis), der durch die Augen und den Fixationspunkt geht, und einer auf der Ebene des Kreises im Fixationspunkt errichteten Vertikalen. Bei symmetrischer paralleler Augenstellung ist es eine Ebene in unendlicher Ferne senkrecht zur Gesichtslinie. —

Wenn nicht Punkte, sondern Linien einfach gesehen werden, so darf in deren Längserstreckung eine Disparatheit bestehen, nur nicht senkrecht darauf. So entsteht der Linienhoropter, d. h. eine Fläche, in welcher gerade Linien bestimmter Richtung liegen müssen, um einfache Bilder zu liefern. Die Gesamtheit der Linien, die sich auf korrespondierenden Längsschnitten (bzw. Querschnitten) abbilden, heißt der Längshoropter (bzw. Querhoropter).

b) Wenn man die vereinfachenden Voraussetzungen fallen läßt und die Netzhautverschiedenheiten, die unsymmetrische Lage der innern und äußern Hälfte mit berücksichtigt, kommt man zum empirischen Horopter. An die Stelle des *Müller*schen Kreises tritt dann eine andere Kurve, welche in der Nähe flacher ist als der Kreis, aber doch konkav, in einer gewissen Entfernung eine Gerade, in noch größerer Entfernung sogar konvex ist. Wie *Hillebrand* (ZPs 5, 1 ff.) zeigte, hängt das notwendig zusammen mit der unsymmetrischen Lage der innern und äußern Netzhauthälfte und mit der Annahme stabiler Raumwerte der Netzhautpunkte. Bei andern Versuchsbedingungen von *Liebermann* bestätigte sich die Stabilität der Raumwerte nicht mehr. Auch die Versuche von *Heine* sprechen dagegen. *Tschermak* fand, daß die Gestalt des Längshoropters für eine gegebene Augenstellung nicht durchaus konstant ist, sondern von der Dauer des Eindruckes abhängt. Der Horopter für fallende Kugeln war wesentlich stärker konkav als für hängende Fäden. *Jaensch* zeigte, daß die Einstellung fallender Körper nicht bloß der Größe, sondern selbst der Richtung nach anders ist als bei ruhendem Objekt.

Jaensch und *Reich* (ZPs 86 [1921]): Im Grundversuch der Horopterabweichung werden 3 Fäden in je 5 *cm* Entfernung voneinander in verschiedener Entfernung vom Beobachter bei Fixation des mittelsten so eingestellt, daß sie in der gleichen frontalparallelen Ebene (abathisch) erschienen. Diese abathische Entfernung müßte nach der Theorie für dieselbe Versuchsperson unverändert sein, da der Tiefenwert nur von der Netzhautstelle abhängen soll. Das galt allerdings bei einem Typus; aber bei einem zweiten fielen die Erscheinungen öfter aus; bei einem dritten schwankten die Entfernungen oft nacheinander. Zur Erklärung wurden die Erscheinungen an Anschauungsbildern nachgeahmt, wobei die Tiefenunterschiede viel stärker sind (um das 10—50fache) als im gewöhnlichen Sehen. Es wurde erst in gewöhnlichem Sehen ein Bild der Fäden in gleicher Ebene entwickelt; dann näherte sich der Beobachter dem Orte des vorherigen Bildes oder entfernte sich von ihm, worauf die jetzige Stellung der Bilder der Fäden durch Meßfäden festgestellt wurde. Ein erster Typus sieht bei Näherstehen den mittleren Faden vortreten, bei Fernstellung zurücktreten. Bei allen war die abathische Region schärfer umschrieben als beim gewöhnlichen Sehen, etwa nur 1—2 *cm* breit, im gewöhnlichen Sehen mindestens 15 *cm*. Die Versuchspersonen, die beim gewöhnlichen Sehen zum zweiten oder dritten Typus gehörten, tun es auch hier. Bei diesen Erscheinungen offenbart sich die Bedeutung der Aufmerksamkeitswanderung: Läßt man im Anschauungsbild einen oder zwei Fäden beachten und die Aufmerksamkeit nach hinten wandern, so verschieben sich die beachteten Fäden ebenso. Ferner ruft bei ungezwungenem Verhalten Nahestellung die Neigung wach, nach hinten zu wandern, Fernstellung dagegen nach vorn. Dieses zusammengenommen läßt den Versuch bei den Anschauungsbildern erklären. Bei Fixation des Mittelfadens gleitet die Aufmerksamkeit in der Nahestellung nach hinten ab und wendet sich den Seitenfäden zu, weshalb diese dann zurücktreten (der erste Typus). Verteilte man die Aufmerksamkeit dagegen auf alle 3 Fäden zugleich, so blieb die Entfernung unverändert. Wurden die Seitenfäden beachtet, so traten sie bei Nahestellung vor. Die unregelmäßigen Typen erklärten sich aus mangelhafter Befolgung der Instruktion.

Danach erklären *Jaensch* und *Reich* die gewöhnliche Horopterabweichung empiristisch als Rest der ursprünglichen eidetischen Anlage. Wenn

früher psychische Bedingungen bei Gegenwart gewisser Netzhautwerte gewisse Raumwerte ergeben haben, bringen später auch die Netzhautwerte allein dieselben Sehraumwerte hervor.

Noch größere Abweichung von der klassischen Horoptereinstellung erzielte *Kröncke* (ZPs II 52 [1921]), indem er nicht bloß 3, sondern mehr Fäden in eine Ebene einstellte und mit dem Blicke durchwanderte. Wurde bei Nahestellung (50 *cm* Entfernung) ein gradzahliger Faden fixiert, so traten er und alle andern gradzahligen Fäden vor, alle ungradzahligen zurück, bei größerer Entfernung (150 *cm*) umgekehrt. Wurden zwei Fäden zugleich fixiert, so traten sie zugleich vor (wenn fern, zurück). Das stimmt nicht zur *Hering*schen Theorie. Denn hier kann derselbe Faden in der Zickzackkurve eine verschiedene Entfernung erhalten, je nachdem ein anderer Faden neu zwischen ihnen aufgehängt wird. Seine Stellung hängt also nicht bloß vom Ortswert ab, sondern auch von der Stellenzahl. Im Sinne von *Jaensch* wäre dagegen an die Aufmerksamkeitswanderung zu denken in Verbindung mit der gewohnten rhythmischen Gliederung.

2. Treffen verschiedene Reize auf korrespondierende Punkte, so beobachtet man den Wettstreit der Felder bzw. teilweise zweiäugige Farbenmischung. Es läßt sich das leicht am Stereoskop feststellen, oder noch einfacher, indem man durch Kreuzung der Blicklinien verschiedene Felder zur Deckung bringt.

Literatur. *Sh. Dawson*, in BrJPs 8 und 9. — *Kirschmann*, Über die Verschmelzung beim binokularen und stereoskopischen Sehen, in PsSd 10 (1917) 239 ff.

a) Bei den Erscheinungen betont *Helmholtz* besonders den Wettstreit, und daß nicht die Mischfarbe der einäugigen Farbenmischung entstehe; *Hering*, der mehr mit ungesättigten Farben ähnlicher Helligkeit und Form arbeitete, mehr die Erscheinung der ruhigen Mischung, die dann vorherrscht. Die neue Farbe liegt nach ihm irgendwo zwischen den Farben der einzelnen Augen, wobei die eine oder andere mehr hervortreten kann. In der Graureihe findet *Kiesow* (ArPs[i] 1 [1920]): Weiß mit Hellgrau gibt ruhige Mischung, allerdings nicht gleich der einäugigen. Bei immer dunklerem Grau neben Weiß kommt es zum Schwanken und schließlich zu einem langsamen Wettstreit. Das Grau, bei dem der Wettstreit eben beginnt, hat etwa die Helligkeit 1/2 oder weniger. Ähnlich ist es bei der Mischung von Schwarz mit Dunkelgrau: der Wettstreit beginnt, wenn Schwarz die Helligkeit 1/59 und Dunkelgrau die von 1/5,8 hat. Die beiden Grenzwerte des Grau von oben und unten liefern miteinander wieder eine ruhige Mischung. Kommen bunte Farben dazu, so gilt wieder: Je kleiner und ähnlicher Helligkeit, Sättigung und Farbenton, desto eher besteht ruhige Mischung. Komplementäre Farben kommen bei starker Sättigung mehr zum Wettstreit, bei schwacher mehr zur neutralen Farbe. Der Wettstreit der Farben kann nicht auf die verschiedene Helligkeit zurückgeführt werden. Bei großer Helligkeitsverschiedenheit tritt leicht Glanz auf, besonders bei Weiß mit Schwarz, was sofort von der einäugigen Mischung scheidet; oder aber das Sehen einer Farbe durch die andere, wobei jede ihre Eigenschaft behält. Kleinere Flächen begünstigen die Mischung, größere den Wettstreit. In schwächerem Lichte kommt es leichter zur Verdrängung der einen Farbe. Übrigens besteht nach *Kiesow* der Wettstreit nie zwischen den einäugigen Eindrücken, sondern zwischen Mischungen. Nach Messungen *Trendelenburgs* (ZPs II 48, 199 ff.) sind bei ruhiger Mischung die Mengenverhältnisse der Bestandteile für gleiche Mischung nicht dieselben wie bei einäugiger Mischung. Der zweiäugig notwendige Anteil des kurzwelligen Bestandteiles ist viel geringer. So gibt zweiäugig eine Mischung von 671 μμ und 500 μμ Weiß, wenn das zweite die doppelte Intensität des ersten hat; einäugig erst, wenn das zweite die zehnfache Intensität des ersten hat.

b) Wirkungen der Grenzlinien. Bringt man ein kleines Feld mit andersfarbigem Grunde zur Deckung, so scheint das Feld vom Grunde nicht beeinflußt; nur muß das Feld klein sein und sich gut abheben. Hat man eine homogene Fläche, halb weiß, halb schwarz, und kreuzt davor die Augen, so erhält man eine doppelte Grenzlinie. Der mittlere Teil ist nach dem weißen Feld hin schwarz, nach dem schwarzen hin weiß begrenzt. Die Helligkeit schwankt mit der Zeit. Aber immer ist die Farbe jedes Punktes des mittleren Feldes eine zwischen den Grenzfarben liegende Mischfarbe. An der Grenzlinie hat immer die Grenzfarbe das Übergewicht: die Grenze herrscht über die gleichartige Fläche vor. Darauf beruht es auch, daß eine kleine Scheibe den Hintergrund besiegt, während bei größeren Scheiben die Grenzfarbe sich nicht über das ganze Sehfeld erstreckt. Das ist das „Überwiegen der Konturen“: schwarze Buchstaben auf weißem Grunde erscheinen einäugig gesehen ebenso schwarz wie zweiäugig. Eine gedruckte Seite mit einer weißen vereinigt zeigt bloß den Druck.

Panum gab hierfür die physiologische Erklärung, daß die Grenzlinien die Netzhaut ganz besonders reizen sollten. *Helmholtz* dagegen verweist auf den psychischen Einfluß der Aufmerksamkeit. Es gelingt dadurch, selbst ganz schwache Zeichnungen gegen kräftige Konturen zu behaupten, z. B. schwache Druckschrift zu lesen gegen ein kreuzendes Gitter.

Hierhin gehört auch die Tatsache, die *Bocci* entdeckte und *Mocchi* (ZPs II 44) beschreibt: Wird ein von der Sonne bestrahltes Objekt von einem Auge fixiert, dann dieses geschlossen und das andere geöffnet, so tritt in diesem nach 30—40″ das Nachbild auf und kann nach außen projiziert werden; es sei zerebral gebildet und werde durch zentrifugale Fasern im Sehnerven nach außen geworfen. Auffallenderweise kann das Nachbild sogar vom blinden Fleck (?) projiziert werden, wenn es von der korrespondierenden Stelle des andern Auges gebildet war. — Selbstverständlich liegt hier einfach das Überwiegen des kleinen starken Nachbildes über das schwächere Bild des offenen Auges vor; alles andere sind Phantasieprozesse im Sinne der Projektionstheorie.

Fechner beschreibt einen paradoxen Effekt: Sieht man mit einem Auge gegen den Himmel, während das andere geschlossen ist, und öffnet nun das zweite Auge, vor das man ein verdunkelndes Glas gebracht hat, so erscheint das Gesamtbild nun dunkler, obwohl das zweite Auge doch Licht hinzubringt. Die Dunkelheit wird größer, wenn man das Glas dunkler nimmt, bis zu einem Mindestwert, unter dem das Gesamtbild trotz weiterer Verdunklung des Glases wieder heller wird, bis es schließlich die anfängliche Helligkeit des einäugigen Sehens erreicht. Das Mindestmaß liegt bei geringer Helligkeit des andern Auges bei 1/2 von ihr, bei großer Helligkeit kann es bis 1/6 sinken (*Kirschmann*). In der Erscheinung über dem Mindestmaß hat man einfach die gewöhnliche Farbenmischung, da beide Felder genügend klar sind, um sie als zwei zu erkennen. Unter dem Mindestmaß aber verschwindet das dunkle Feld immer mehr gegenüber dem Bilde des offenen Auges, das das Augengrau einfach verdrängt. Die Erscheinung setzt Flächen mit Grenzlinien voraus.

c) Der binokulare Glanz, den erst *Dove* (1851) entdeckte, hat nach *Helmholtz* die Bedingung, daß die korrespondierenden Punkte verschiedene Helligkeit sehen. Nach *Wundt* ist Kontrast der Farbe oder der Helligkeit nötig, wobei nach *Kiesow* der Farbenkontrast das wirksamere ist. *Hering* betont, daß die Körperfarbe vom zufälligen Licht unterschieden werden müsse, was durch Körperbewegung begünstigt werde. *Kirschmann* (ArGsPs 41 [1921]) sieht das Wesen des wahren oder binokularen Glanzes darin, daß ein Teil des auffallenden Lichtes regulär, der andere diffus zurückgeworfen werde. Dagegen sei es für den scheinbaren Glanz bestimmend, daß an einem Gegenstand, den man nicht für selbstleuchtend

hält. Helligkeitsunterschiede bemerkt werden, wie sie bei diffus zurückwerfender Oberfläche sonst nicht beobachtet werden können. Beispiele des binokularen Glanzes sind ihm der Glanz von Fett, Graphit, Seide usw., die alle stereoskopisch nachzuahmen sind, was beim Metallglanz nicht gelinge. *Kiesow* gibt an, man bemerke den Metallglanz erst, wenn man wisse, worum es sich handle. Nach *Kirschmann* haben die kleinsten Metallteilchen hohen Brechungsindex, weshalb das Licht nicht tief eindringt.

d) In der Erklärung stehen sich, wie so häufig, physiologische und psychologische Theorien gegenüber. Nach *Panum* soll die Stärke des Reizes bei der Kontur entscheiden. *Köhler* verweist auf eine elektromotorische Kraft, die längs der Kontur entstehe. Den Glanz erklärt *Helmholtz* aus der Ähnlichkeit mit wirklich glänzenden Flächen, aus den verschieden starken Bildern an verschiedenen Stellen. Auch *Kiesow* betrachtet die zweiäugige Mischung als psychisch bedingt; die beiden Eindrücke bewahrten eine gewisse Unabhängigkeit. Ebenso vertritt *Dawson* eine psychische Theorie. Auch sonst kann man zwei starke Inhalte nicht gleichzeitig im Bewußtsein haben, wohl aber zwei schwache. Der Wille kann ein Bild länger erhalten, indem man Fragen darüber bereit hält. Die Mischung verlangt die Möglichkeit, die beiden Bilder als zu einem Objekt gehörig zu deuten, etwa mit verschiedener Beleuchtung. Bei starken Bildern geschieht das nicht, sondern sie treten gleichzeitig auf, neben- oder nacheinander, oder, wie *Helmholtz* meint, selbst am gleichen Ort.

Literatur. *Pfeifer,* Über Tiefenlokalisation von Doppelbildern, in PsSd 2 (1907) 130 ff. — *Eino Kaila,* Versuch einer empiristischen Erklärung der Tiefenlokalisation von Doppelbildern, in ZPs 82 (1919) 129 ff.

3. Wird ein Objekt auf nicht korrespondierenden (disparaten) Netzhautstellen abgebildet, so erscheint es im allgemeinen doppelt: zweiäugiges Doppelsehen, Doppelbilder. Jedes einzelne Bild heißt Halbbild oder Trugbild. Die Doppelbilder sind gewöhnlich schwer zu sehen, weil man nur die Umgegend des Blickpunktes beachtet, wo sie nicht bestehen. Man lernt sie kennen, wenn man Bleistift und Federhalter vor die Augen hält, das eine möglichst nahe, das andere fern. Durch abwechselndes Schließen der Augen merkt man dann, wo die Doppelbilder zu erwarten sind, und sieht sie nachher auch zugleich. Zweckmäßig ist es, die in Doppelbildern erscheinenden Gegenstände hin und her zu rücken.

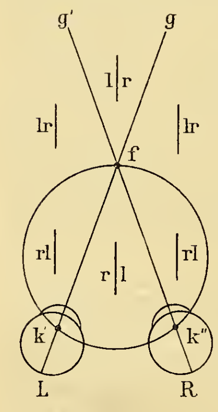


Fig. 47. Lage der Doppelbilder (nach *Hering*).

Befindet sich das Objekt näher als der fixierte Punkt, so sind die Doppelbilder gekreuzt, d. h. das rechte Auge sieht sein Bild links vom Fixationspunkt, das linke Auge rechts davon. Liegt das Objekt ferner als der Fixationspunkt, so entstehen gleichseitige Doppelbilder. *Hering* unterscheidet außerdem einseitige und doppelseitige Doppelbilder, je nachdem sie auf derselben oder auf beiden Seiten der Mittelebene liegen. Er stellt sie zusammen im Verhältnis zum Horopterkreis, wo *L* linkes, *R* rechtes Auge, *f* Fixationspunkt, *lr* gleichseitige, *rl* gekreuzte Doppelbilder, |*lr* usw. einseitige, *l*|*r* doppelseitige Doppelbilder bedeuten (Fig. 47). Die Richtung der Trugbilder ist durch das Gesetz der identischen Sehrichtungen gegeben. Die Bestimmung der Entfernung war sehr umstritten.

Aguilonius (1614) versetzt die Doppelbilder in die Entfernung des Fixationspunktes, auf die Projektionslinie; *Schulz* (1816) auf den Schnittpunkt der Projektionslinie mit der Fixationslinie des andern Auges; *Meißner* leugnet jede Tiefenbestimmung der Doppelbilder usw. *Herings* Fallversuch, der noch heute als Prüfung des zweiäugigen Sehens gilt, ist eine Widerlegung dieser älteren Annahmen. Man blickt durch eine Röhre mit beiden Augen nach einem nahen Fixationspunkt; läßt man dann Kügelchen vor und hinter diesem Punkte herunterfallen, so kann man deren relative Entfernung zum Fixationspunkt richtig beurteilen, selbst annähernd ihre absolute Entfernung. Im allgemeinen werden die gekreuzten Doppelbilder näher als der Fixationspunkt, die gleichseitigen ferner erscheinen, und ihre scheinbare Entfernung stimmt annähernd mit der wirklichen überein. *Helmholtz* schloß sich dem im wesentlichen an.

Pfeifer: Zwei schwarze Punkte, *a* (nahe) und *b* (fern), werden betrachtet. Bei Fixation von *a* erscheint *b* in Doppelbildern. Damit wird dann eine andere Entfernung *ab'* verglichen, worin *b'* fixiert war, und beide einander gleich gemacht. So fand sich: war der fernere Punkt in Doppelbilder gespalten, so erschien er außerordentlich viel weiter entfernt, als es der Fall war. Ein Abstand von in Wirklichkeit 15—65 *cm* erschien, wenn der nähere Punkt fixiert war, gleich einem Abstand von 35—300 *cm*. Wird der ferne Punkt dagegen etwas seitlich von der Mittellinie gebracht, so scheint er beträchtlich näher zu kommen.

Durch Übung ist es möglich, die Tiefenlokalisation willkürlich zu verändern. Ist der Fixationspunkt fern, so ist die normale und besonders dauerhafte Lage der Doppelbilder die bekannte in der Nähe. Indessen ist es möglich, das Doppelbild selbst hinter den Fixationspunkt zu verlegen, wenn auch mit Schwierigkeit. Man kann es auch in gleiche Entfernung mit dem Fixationspunkt bringen, was verhältnismäßig leicht gelingt. Ja selbst das ist möglich, das eine Halbbild hinter den Fixationspunkt zu projizieren, während das andere vorn bleibt, ein Fall, den *Hering* irrig für den normalen hielt. Bei Übung kann man, wie *Pfeifer* sagt, derartige Punkte gleich Bällen im Raume willkürlich herumwerfen.

Genauer sondert *Kaila* die Bedingungen. Eine linke Nadel wird fixiert, eine rechts davon stehende zunächst nur für das linke Auge aufgedeckt. Da ist deren Tiefe unbestimmt und schwankend, wird gewöhnlich in die Tiefe der linken Nadel verlegt. Taucht aber nun auch das andere Halbbild auf, so rücken plötzlich beide Halbbilder in die Tiefenlagen und stehen dort wie festgenagelt. Nach der älteren Anschauung *Herings* wird alles auf der nasalen Hälfte der Netzhaut hinter dem Fixationspunkt abgebildet, alles auf der temporalen Hälfte vor ihm. Das glaubte er eben aus der Lokalisation der Halbbilder zu beweisen. Hält man nämlich neben und etwas vor die fixierte Stecknadel einen Draht, so sieht man zunächst dessen Halbbilder gesondert und beide etwas näher. Richtet man dann die Aufmerksamkeit stark auf die Stecknadel, so springt das eine Halbbild plötzlich hinter diese mit der Energie eines stereoskopischen Bildes. Eine Schwankung des Blickes oder selbst der Gedanke an das andere Halbbild bringt das erste wieder zurück, da dann die Beziehung der Halbbilder auf das gleiche Objekt, also ein empirisches Motiv, den sinnlichen Eindruck stört. *Hering* hielt das Tiefenphänomen mit den verschieden entfernten Halbbildern für das ursprüngliche, das nur durch Erfahrungseinfluß verbessert werde. Indessen im vorigen Falle *Kailas* konnte die objektive Lage auf Grund der Erfahrungsmotive nicht bekannt sein, sondern allein auf Grund der Disparation. Es hätte also die normale Lokalisation versagen müssen, was nicht geschah. Das widerlegt die *Hering*sche Erklärung.

Die Tiefenlokalisation der Doppelbilder ist nach *Kaila* empiristisch zu deuten. Schon *v. Kries* stellt als Vermutung auf, es könne

sich eine Assoziation zwischen physiologischen und psychischen Vorgängen bilden, so daß erstere die letzteren wecken. Die korrespondierenden Punkte haben sicher nicht denselben körperlichen Träger; das beweist die Tatsache des Wettstreits. Fixiert man einen Punkt, so erscheint ein näherer in gekreuzten, ein fernerer in gleichsinnigen Doppelbildern. Bei gleichem Querabstand der Doppelbilder ist die optische Erscheinung im Sehraum die gleiche, da ja korrespondierende Punkte erregt werden. Trotzdem werden die beiden Fälle nicht verwechselt, wie *Herings* Fallversuch zeigt. Die Sache ist durch die genannte Assoziation zu erklären. Der eine Komplex der Punkte ist mit einer Konvergenzbewegung der Augen und Vorstellung der Nähe verbunden, der andere mit einer Divergenzbewegung und Vorstellung der Ferne. Die Assoziation bildete sich, indem beim Aufsuchen des indirekt gesehenen Objektes seine größere Nähe erkannt wurde. Das erklärt auch die relative Unbestimmtheit der einäugigen Tiefenwerte, da nur dem bestimmten Punktpaar eine bestimmte Tiefe zugeordnet ist. Ebenso werden wir später die verschiedenen Lokalzeichen der Tastempfindungen erklären, die von der Ähnlichkeit der Empfindungen unabhängig sind. Wie *Heine* fand, entspricht jeder Größe der Querdisparation bei verschiedener absoluter Entfernung ein verschiedener relativer Tiefenabstand, der Abstand nimmt mit wachsender Entfernung stetig zu.

Diese empiristische Erklärung geht nicht, wie die von *Wundt* auf Augenbewegungen zurück, sondern sie steht der *Hering-Hillebrand*schen ziemlich nahe. Wenn nämlich ein fixierter Punkt näher kommt, bildet er sich auf den Punkten gekreuzter Disparation ab, lange bevor Zerstreuungskreise seine Ortsveränderung anzeigen. Die Konvergenz folgt nicht sofort der Bewegung, so daß er immer fixiert bliebe, sondern erst die Disparation ist das Motiv zur Konvergenzbewegung. Die Disparation selbst hat nach *Hering* unmittelbar einen Nahewert, nach *Kaila* wirkt sie als Reproduktionsmotiv für Nähe. Mit wachsender Konvergenz folgt während der Bewegung ein starker Eindruck des Näherrückens; die Endstellung hat aber dann durchaus nicht die erwartete Tiefe; sie hängt eben nicht von der Konvergenzempfindung, sondern von der Disparation ab.

Fig. 48.

Das *Hering*sche Phänomen des in die Fernerückens des einen Halbbildes klärt sich nun auf. Bei *Hering* wird eine Nadel *a* (Fig. 48) fixiert und gleichzeitig eine andere *b* seitlich von der Fixationslinie und etwas näher gehalten. Wird nun *b* stark beachtet (durch die Frage, wo es stehe), so geht unwillkürlich der Blick auf *b* über und fixieren beide Augen verschiedene Nadeln, wie *Kaila* durch sorgfältiges Auseinanderziehen der Nadeln nachwies. Wegen der allgemeinen Forderung der strengen Fixation des *a* kehrt dann der Blick sofort wieder auf *a* zurück. Infolge der damit verbundenen Konvergenz und Divergenz muß der Eindruck entstehen, daß das Sammelbild bei der Fixation des *a* näher ist als das bei der getrennten Fixation.

§ 9. Die binokulare Parallaxe.

1. Wenn dasselbe Objekt sich auf disparaten Stellen abbildet, kommt es nicht immer zu Doppelbildern. Sind die disparaten Stellen den korrespondierenden ziemlich nahe, so entsteht bloß e i n e Empfindung, wie bei korrespondierenden Punkten, aber nicht in der Ebene des Fixations-

punktes, sondern vor oder hinter ihr: das zweiäugige Tiefensehen. Zwei Punkte der beiden Netzhäute heißen disparat, wenn sie nicht korrespondierend sind. Sie sind querdisparat, wenn sie zwar auf korrespondierenden Querschnitten, aber auf disparaten Längsschnitten liegen, also wenn sie dieselbe Höhe haben, aber verschiedene Breite, verschieden weit nach rechts oder links liegen. Umgekehrt sind sie längsdisparat, wenn sie verschiedene Höhe, aber dieselbe Breite besitzen.

a) Die Rolle der Querdisparation für das Tiefensehen.

Die Längsdisparation ist, wie *Hillebrand* zeigt, ohne Einfluß auf das Tiefensehen. Fixiert man mit beiden Augen aus 1 *m* Entfernung eine Anzahl horizontal gespannter Fäden, so kann man nichts über ihre relative Entfernung sagen. Dagegen ist die Querdisparation entscheidend für die relative Lokalisation der Objekte zum Fixationspunkt. Diese Querdisparation oder Bildverschiebung der einen gegenüber der andern Netzhaut in wagerechter Richtung heißt die binokulare Parallaxe. Ist die Disparation gekreuzt, so erscheint (wie bei den Doppelbildern) der Punkt näher, ist sie gleichseitig, dann ferner als der Fixationspunkt. Je größer die Querdisparation, desto weiter vor oder hinter den Fixationspunkt wird das Objekt verlegt. Der Nullpunkt der Tiefe ist die Ebene des Fixationspunktes, die Kernfläche, in der nach *Hering* alle diejenigen Objekte erscheinen, die sich auf identischen Punkten abbilden.

Ein einfacher Beweis nach *Hering:* Fixiert man mit einem unbewegten Auge eine Anzahl vertikaler Fäden, so ist ein Urteil über ihre relative Entfernung unmöglich; besser wird es, wenn man das Auge etwas bewegt (wegen der empirischen Kriterien der Verdeckung, Winkelverschiebung). Aber erst bei zweiäugigem Betrachten wird das Relief im höchsten Grade eindringlich, sinnlich klar. Gut zeigt den Gegensatz der Versuch, einen Stab durch einen seitlich gehaltenen Ring zu stechen oder eine Nadel einzufädeln, je nachdem man mit einem Auge oder mit beiden zusieht. Dieses Kriterium läßt sich sogar nach *Hering* synthetisch herstellen; bietet man jedem Auge gesondert drei Fäden in gleicher gegenseitiger Entfernung und vereinigt sie stereoskopisch in einem Bilde, so erscheinen sie unter Umständen zunächst in derselben Ebene der Kernfläche. Verschiebt man nun den einen mittleren Faden ein wenig seitwärts, so werden dadurch zwei Netzhautstellen mit einiger Querdisparation gereizt, und deshalb sieht man sofort den Mittelfaden vor oder hinter die Fläche treten.

Wie groß eine Querdisparation sein darf, um eben noch Einfachsehen zu bewirken, hängt von der Übung ab; durch größere Übung wird nämlich das Einfachsehen auf einen engeren Bezirk eingeschränkt.

b) Die Tiefensehschärfe.

Zoth: Die Leistung der Binokularparallaxe übertrifft diejenige des Konvergenzapparates um das 500fache. Die Tiefensehschärfe wird gemessen, indem man drei Nadeln zunächst für den Anschein in eine Ebene bringt, dann die mittlere aus der Ebene so weit herausbewegt, daß es eben bemerkt werden kann. *Pulfrich* verwendete seine Prüfungstafeln für stereoskopisches Sehen. Nach *Bourdon* genügt ein Lagenunterschied der Netzhautbilder von 5″. Ähnlich *Pulfrich:* bei Übung läßt sich bis zu 10″ und weniger herabgehen. Die Tiefensehschärfe hat also ungefähr dieselbe Grenze wie die Sehschärfe für ein Auge; doch ist sie beim einzelnen Auge

nur unter besonders günstigen Bedingungen zu erreichen, im stereoskopischen Sehen dagegen leicht (*Pulfrich*). Praktisch fand man: Bei 1 *m* Entfernung ist noch eine Zunahme von 0,4 *mm* unterscheidbar, auf 50 *m* von 1 *m*, auf 420 *m* von 80 *m*, nach 2600 *m* nichts mehr (*Zoth*). Nach *Bourdon* wachsen die Entfernungen mit dem Quadrat der mittleren Distanz zwischen den Entfernungen, die eben unterschieden werden können, vorausgesetzt, daß man beide Objekte scharf sieht. Die Augenbewegung ist dabei von Nutzen. indem man die Punkte der Reihe nach fixiert; doch ist sie nicht unentbehrlich; man kann auch mit Nachbildern Tiefen sehen, kann bei kürzester Beleuchtung Relief sehen, wie im *Hering*schen Fallversuch. Die Tiefensehschärfe im indirekten Sehen bleibt nach *v. Kries* (ZPs II 44) gegenüber der zentralen noch stärker zurück als die einäugige Sehschärfe; sie beträgt bei 5^0 Entfernung schon $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ der zentralen, während sie für die einäugige Sehschärfe noch zu $^1/_5$ angegeben wird.

Besonders genau ist nach *Helmholtz* die Beurteilung des Reliefs des Fußbodens. weil er im Horopter liegt. Betrachtet man dieselbe Fußbodenfläche unter dem Arme hindurch oder unter den Beinen her, so erscheinen die fernen Teile des Bildes nicht mehr körperlich, sondern wie eine gemalte Wand. Niedrige Wolken bekommen dann ein gutes Relief, weil sie in die Richtung des Fußbodens zu liegen kommen. Sieht man zugleich unter den Beinen her und mit umkehrendem Prisma. so daß alles wieder gerade erscheint, so ist das Relief das natürliche: der Wegfall der Tiefe hat also nicht an der ungewohnten Stellung des Kopfes gelegen.

c) Die absolute Tiefenlokalisation. Diese große Genauigkeit durch binokulare Parallaxe bezieht sich nur auf relative Tiefenlokalisation. Ganz anders steht es mit der absoluten, mit der Schätzung der Entfernung des Kernpunktes von dem eigenen Körper. Diese ist nach allen Forschern sehr unsicher, wenn nicht geradezu unbestimmt. So erscheint das haploskopische Verschmelzungsbild bei parallelen Gesichtslinien nicht unendlich fern, sondern ziemlich nahe und oft nach Willkür veränderlich. *Bourdon*, der die Erfahrungsmotive möglichst ausschloß, fand bei kleinen Entfernungen (um 60 *cm*) den Fehler durchschnittlich klein, etwa 5 *cm*. Bei größeren Entfernungen dagegen nimmt die Unbestimmtheit sehr rasch zu. das Unterschätzen wird regelmäßiger. Auffallend ist die große Unsicherheit, so daß Entfernungen von 7 *m* und 47 *m* gelegentlich als gleich angegeben werden.

Worauf die absolute Tiefenlokalisation beruht, wenn empirische Bedingungen ausgeschlossen sind, ist noch umstritten. Früher dachte man ausschließlich an Konvergenz. *Hillebrand* bewies aber, daß auch die Querdisparation dafür in Anspruch genommen werden kann. Denn ebenso wie die relative Entfernung zweier Außenobjekte dadurch geliefert wird, kann auch diejenige zwischen einem Außenobjekt und den sichtbaren Teilen des eigenen Körpers angegeben werden. Das ist nur ein Anwendungsfall. — Immerhin sind beim Fixieren fernerer Objekte die eigenen Körperteile meist nur sehr indirekt in Doppelbildern gesehen, die zu einer klaren Tiefenanschauung nicht viel leisten werden. — Beim gewöhnlichen Sehen gibt zweifellos die bekannte Größe des Objekts u. ä. den Ausschlag.

2. a) Das Stereoskop ist nichts anderes als eine Anwendung der binokularen Parallaxe zur Hervorbringung eines Bildes von der vollen sinnlichen Lebhaftigkeit eines Körpers. Jedes Auge hat vom gleichen Objekt ein etwas verschiedenes Bild. Man stellt diese zwei Bilder photographisch her und bietet sie einzeln den betreffenden Augen, möglichst so, daß das Netzhautbild dasselbe wird wie bei der direkten Einwirkung des wirklichen Objekts. Dann muß natürlich die psychische Wirkung die gleiche sein wie vorher, d. h. es muß statt zweier flächenhafter Bilder ein

körperliches Objekt an der richtigen Stelle gesehen werden. Man kann das irgendwie schon so erreichen, daß man die beiden Bilder nebeneinander legt, so daß zueinander gehörige Punkte etwa die Entfernung der Augen voneinander haben; dann jedes Bild mit einem Auge fixiert, wobei die Augen parallel gerichtet sind. Man erhält so vier Bilder, deren beide mittelsten sich subjektiv zum körperlichen Objekt vereinigen. Freilich leidet die Schärfe der Bilder dadurch, daß die Konvergenz auf die Ferne auch eine Akkommodation auf die Ferne mit sich zieht. Auch ist es schwer, die Stellung der Augen länger richtig beizubehalten. Die Stereoskope haben nur den Zweck, solche störenden Nebenumstände wegzuschaffen. Das von *Brewster* stellt durch Prismen die Augen auf einen nahen Punkt ein. Figur 49 bildet dasjenige von *Zeiß* ab.

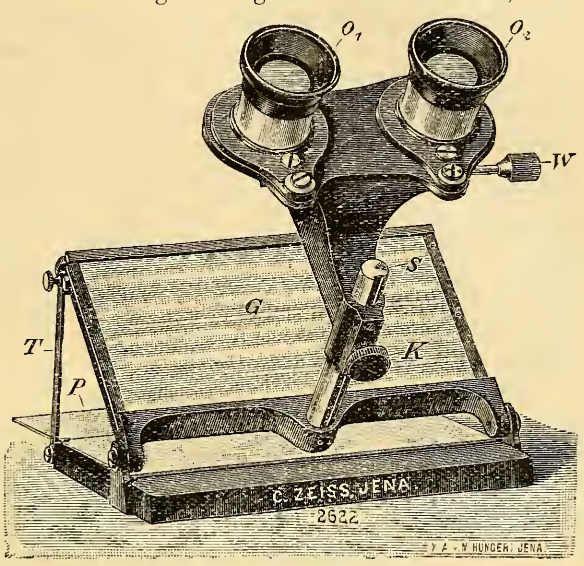


Fig. 49. Stereoskop von *Zeiß*.

Die so erzielte Vergleichung der beiden Bilder ist äußerst genau. Wenn derselbe Satz Buchstaben zweimal nacheinander gesetzt wird, so zeigen die Drucke stereoskopisch vereinigt die Verschiedenheit an, indem einzelne Buchstaben vor oder hinter den übrigen liegen. So kann man nachweisen, ob eine Auflage neu gesetzt ist, kann nachgemachte Banknoten von echten unterscheiden. Nach *Kirschmann* kann die volle stereoskopische Wirkung bleiben, wenn auch die Helligkeit eines Bildes nur $^1/_{20}$ oder weniger des andern ausmacht.

Man stellt auch stereoskopische Photographien her von zwei Punkten aus, die eine viel größere Entfernung voneinander besitzen als die beiden Augen, die also miteinander vereinigt eine Anschauung geben, wie wir sie bei größerer Augendistanz haben würden. Für die direkte Ansicht einer Gegend ersetzt den größeren Augenabstand das Telestereoskop oder der Entfernungsmesser von *Zeiß*. Dadurch kann man ferne Objekte körperlich sehen, welche direkt gesehen flach erscheinen. Die Objekte machen dabei gewöhnlich den Eindruck eines verkleinerten Modells der Wirklichkeit. — Vertauscht man die stereoskopischen Bilder (oder betrachtet man sie in natürlicher Lage mit davor gekreuzten Augenachsen), so sieht man das Objekt häufig mit verkehrtem Relief, einen Balken wie eine hohle Rinne usw. Die Umkehrung wird erleichtert, wenn man die Bilder beide auf den Kopf stellt. Immerhin kann die Erfahrung, die schon beim Stereoskop von großer Bedeutung ist, die Wirkung hemmen. Man kann dieselbe Umkehrung durch eigene Instrumente erreichen, die Pseudoskope.

b) Der psychologische Vorgang beim Tiefensehen querdisparater Bilder. *Brückes* Erklärungsversuch war: Der Blick wandert hin und her und bringt so nacheinander alle Objektpunkte auf die korrespondierenden Punkte der Netzhaut, was das Einfachsehen bewirkt. Weil sich dabei die Konvergenz ändert, verlegt man sie in die entsprechende Entfernung und sieht sie körperlich. Diese Theorie wurde hinfällig, seit es *Dove* gelang (1841), auch bei Beleuchtung durch den elektrischen Funken eine stereoskopische Verschmelzung zu erzielen. Daraus

schlossen die folgenden Forscher, das Relief werde momentan richtig gesehen, was eine rein physiologische Erklärung des körperlichen Sehens bei Querdisparation nahelegen würde.

Karpinska (ZPs 57 [1910], 1—88) bot den Beobachtern zwei Bilder kurze Zeit ($^1/_{15}''$) so, daß sie auf korrespondierende Netzhautstellen fielen. Die Bilder waren teils stereoskopisch verschieden, teils auch identisch. Da fand sich:

1) In der Regel bildet sich die räumliche Auffassung nur allmählich aus, was bei günstigen Umständen freilich so schnell geschehen kann, daß es augenblicklich zu erfolgen scheint. Durch Vergleich der Fälle, in welchen der Prozeß nicht zum Abschluß kam, zeigen sich im Entwicklungsprozeß, den man wohl anzunehmen hat, verschiedene Phasen, nämlich: das Bild wird als flach aufgefaßt; das Bild wird unruhig, schwankend, weshalb man auf Räumlichkeit schließt; die Räumlichkeit wird gesehen, aber ohne sagen zu können, was vorn oder hinten ist; endlich die vollendete Räumlichkeit.

2) Die Eigenart des räumlichen Bildes schließt Verschiedenes ein: α) Während im flachen Bilde die Teile gleichmäßig deutlich auftauchen, drängt sich im räumlichen der nach vorn liegende Teil besonders auf, ist der klarste. β) Es besteht der Eindruck von ausgeführten Blickbewegungen, obwohl diese unmöglich waren, von einem Gleiten in die Tiefe. Es ist ein Herausheben der Teile mit der Aufmerksamkeit, wie auch schon *v. Aster* feststellte. Es ist möglich, eine Ecke zu fixieren und eine andere mit der Aufmerksamkeit hervorzuheben und nach vorn zu bringen. γ) Endlich eine innige Verbindung der Elemente zu einer Einheit. Die Striche werden nicht mehr beachtet, sie begrenzen nur das Material, aus dem die Flächen bestehen. Treten sie stärker hervor, so verschwinden die Flächen, das Ganze erscheint wie aus Draht. Das räumliche Bild löst sich von der Papierebene ab, schwebt in der Luft, wird durchsichtig. Diese räumliche Form erscheint zart, zauberhaft. Sind diese Auffassungsformen vollzogen, so wird das vorher flache Bild räumlich aufgefaßt.

3) Zur Frage der Natur des Tiefenkriteriums. Nach diesen Versuchen zeigt sich die Tiefenwahrnehmung auch bei Einwirkung disparater Bilder als eine psychische Verarbeitung, was auf ein empirisches Kriterium hinweist. Die Disparation wird oft von Einstellungen durchkreuzt; sind diese stärker, so kommt die Disparation überhaupt nicht zur Geltung; wenn schwächer, setzen sie wenigstens eine Hemmung. Ferner scheinen sich die disparaten Bilder im Bewußtsein noch als solche nachweisen zu lassen, wenigstens in einem Wettstreit, wie auch *Stumpf* annahm. So kommt das Schwanken der Bilder fast ausschließlich vor, wenn Disparation und Einstellung einander entgegenwirken. — In Versuchen mit einem Veranten wurde eine Photographie bei kurzer Expositionszeit ($^1/_{16}''$) regelmäßig deutlich plastisch gesehen. Hier sind nur indirekte Raumkriterien wirksam, und doch übertrifft das Resultat dasjenige mit disparaten Bildern. Auch das spricht dafür, daß die Disparation nur eine Bedingung darstellt, die hinter der Summe der übrigen zurückbleiben kann.

P. Zimmermann wendet ein, daß bei richtiger Akkommodation von Anfang an, wie sie bei Versuchen von *Skubich* bestand, keine Entwicklungsstadien mehr nachweisbar sind. Das zeigt aber nur, daß Hemmungen nötig sind, um den normalen Prozeß nachweisbar zu machen. Daß aber die körperliche Auffassung Zeit braucht, ist auch sonst bezeugt. Nach *Wittmann* erfolgt das plastische Sehen nicht sofort;

wird eine ganze Reihe von Figuren zur Vereinigung geboten, so breitet sich der Prozeß der Tiefenbildung zeitlich merkbar aus; das Endergebnis ist aber ein festes Verharren, eine leicht und angenehm übersehbare Plastik. *Wingender* gelang es, die kritische Geschwindigkeit beim Tiefensehen disparater Bilder im Stereoskop zu messen; läßt man das zweite Objekt abwechselnd immer dazutreten und verschwinden, so ist die kritische Geschwindigkeit im Mittel $^1/_4{}''$, wie bei den geometrisch-optischen Täuschungen. — In die Bedeutung der Tiefenkriterien, besonders der Querdisparation, dringt besonders die große Untersuchung von *Jaensch,* aus deren reichem Material das Wichtigste angedeutet werden soll.

3. Die experimentelle Untersuchung der Disparationsleistung.

a) Das *Panum*-Phänomen. Bietet man einem Auge zwei Linien *a b*, wobei immer *b* die innere, der Medianebene nähere Linie heißen soll, dem andern Auge eine Linie *c*, und bringt man dann das einzelne *c* mit einer der beiden andern Linien zur Deckung, so erscheint regelmäßig *b* weiter nach vorn als *a*. Durch Veränderung der Versuchsbedingungen kann man freilich auch einen Umschlag bewirken, das Hervortreten von *a*. So nimmt nach *Jaensch* das Hervortreten des *b* mit größerer Distanz zwischen *a* und *b* ab; ähnlich bei größerer Entfernung vom Beobachter. Besonders wichtig ist Fixation und Aufmerksamkeitsrichtung. Wird sie auf *b* gerichtet, so bleibt dieses immer vorn; wenn auf *a*, so wird der Tiefenunterschied entweder aufgehoben oder gar umgekehrt. Wird *b* fixiert und die Aufmerksamkeit auf *a* gerichtet, so nimmt der Tiefeneindruck erheblich ab. Ganz besonders deutlich ist der Tiefeneindruck immer im Augenblick, wo der Blick von dem einen Faden auf den andern übergeht.

Zur Erklärung nimmt *Jaensch* an, der Tiefeneindruck beruhe darauf, daß die Aufmerksamkeit zwischen *b* und *a* hin und her wandert; bei der Fixation des *b* ist *a* auf einem Punkte, der keinen korrespondierenden hat. Deshalb sucht das Auge sich auf *a* einzustellen. So wechseln Konvergenz- und Divergenzantriebe ständig ab. *b* liegt nun deshalb vorn, weil es immer durch einen Konvergenzantrieb (es liegt ja nach innen) zur Verschmelzung mit *c* gebracht wird. — *Henning* (ZPs 70, 373 ff) sieht hier mit *Hering* einfach den Grenzfall des binokularen Sehens, wobei für ein Auge der hintere Faden durch den vordern (*b*) verdeckt ist, während für größere Abstände der Punkte Erfahrung oder Eindringlichkeit vorherrschen. Nach *Henning* (FsPs 5) verschmilzt das Bild des Einzelfadens mit den beiden andern Fäden; es hat eine Doppelfunktion. Bringt man nämlich den Einzelfaden zum Zittern, so zittern die beiden andern zugleich; seine Farbe verschmilzt mit beiden; bei Auflösung springt er aus beiden heraus; eine Marke an ihm findet sich auch an beiden. Der Sinn der Doppelfunktion ist: Die durch das Netzhautbild des Einzelfadens bewirkte Nervenerregung ist für das Zustandekommen beider Wahrnehmungen von Einfluß (so ähnlich, wie wenn der Schielende mit einem Lichtpunkt auf einem Auge doppelt sehen kann). *Henning* betont die große individuelle Verschiedenheit der Erscheinung: bei manchen ist es willkürlich, welcher Faden vorn steht; bei andern entscheidet die Eindringlichkeit, wobei beidemal die Tiefe klein ist. Das wahre Phänomen besteht dort, wo der Netzhautreiz das Entscheidende ist; da gibt es Tiefenunterschiede von 40 *cm*, die plötzlich auftreten.

Prandtl (FsPs 4) findet schon im Einzelauge ein Bestreben, daß von zwei Strichen der mehr temporal abgebildete näher stehe; er erklärt das empirisch aus der Gewohnheit, runde Körper in der Mittelebene zu sehen. Die andern Forscher finden die Erscheinung *Prandtls* so unsicher und jedenfalls unbedeutend, daß sie nicht einmal für das *Panum*-Phänomen, um so weniger für das Tiefensehen genüge, was übrigens *Prandtl* zugibt.

E. Kaila sieht im *Panum*-Phänomen einen besondern Fall des früher besprochenen *Hering*schen Phänomens vom in die Ferne rücken eines Halbbildes. Bei

kleinem Abstand sind Blickschwankungen unwillkürlich und damit die Konvergenz- und Divergenzbewegungen, die nach seiner empiristischen Theorie den Eindruck wecken, daß der innere Strich im Sammelbild näher steht, während bei größerer Entfernung der Striche die Blickschwankungen absichtlich herbeigeführt werden müßten. Sind zwei Paar Striche geboten mit etwas verschiedenem Abstand, so besteht der sinnliche Eindruck der Tiefe, der bei Fixation wohl geschwächt, aber nicht aufgehoben wird; dagegen hebt beim *Panum*-Phänomen strenge Fixation den Eindruck auf. Die Doppelfunktion *Hennings* scheint ihm nicht nötig, da ein schnelles Hin- und Herwandern nicht zu vermeiden ist und so eine wechselnde Verschmelzung zur Erklärung genügen würde (*Henning* gibt das für die oft großen Abstände nicht zu). — Die Erklärung von *Jaensch* aus der Aufmerksamkeit erscheint ihm, wie andern, zu unbestimmt. Der Zusammenhang von Konvergenz und Nähe erklärt sich folgendermaßen: Bei starker Konvergenz besteht eine starke Muskelspannung, die sich zu lösen strebt; daher das Streben nach Divergenz. Dagegen braucht die Divergenz auf den äußern Faden nicht von selbst in eine Konvergenzbewegung überzugehen, weshalb dort die Blickschwankung nicht begünstigt ist. Das ganze *Panum*-Phänomen erscheint ihm nur als Nachklingen der zweiäugigen Tiefenwirkung.

b) Die Abhängigkeit der Tiefe von der Schärfe des Bildes und Augenbewegungen. Bei *Jaensch* wurden in einem lichtdichten Kasten drei Glühfäden dargeboten in Form eines Prismas von etwa 12 *cm* Seitenlänge. Im Dunkeln erscheint dann das Prisma, aus größerer Entfernung betrachtet ($3^1/_2$ *m*), oft geradezu eben; dabei ist der Blick ungezwungenerweise starr; im Hellen dagegen, wo der Blick unwillkürlich auch auf andere Objekte übergeht und eine klare Anschauung des Zwischenraumes da ist, erscheint die Tiefe. Der Einfluß der Blickwanderung ist offenbar: im Hellen wie im Dunkeln treten die Fäden annähernd in eine Ebene, und das Zwischenmedium verschwindet bei starrem Blicke, ohne den Mittelfaden zu fixieren. Wird der Mittelfaden fixiert, so erscheint der Tiefenunterschied richtig, aber das Zwischenmedium weniger deutlich. — Beim *Panum*-Phänomen wurden die Aufmerksamkeitswanderungen dadurch bewirkt, daß eine Tendenz besteht, den Faden *c* abwechselnd mit *a* und *b* zu vereinigen. Bei der Querdisparation werden die Aufmerksamkeitswanderungen dadurch herbeigeführt, daß eine Tendenz besteht, *a* mit *c* und *b* mit *d* zu vereinigen, was wegen der Disparation nicht gleichzeitig möglich ist und deshalb abwechselt.

Die Rolle der Augenbewegungen offenbart sich auch darin, daß nach *Czapski* die Fähigkeit des Tiefensehens eingeübt werden muß. Der Tiefeneindruck kann ja trotz Querdisparation ausbleiben, dagegen durch absichtliches Schweifenlassen des Blickes gesteigert werden. Im Fernrohr mit gesteigerter Querdisparation wird zunächst die alte Verhaltungsweise der Aufmerksamkeit beibehalten, deshalb eben gesehen. Nahe Hügel sieht man häufig zunächst als senkrechte Ebenen aufsteigen. Dagegen sieht man deutliches Relief, wenn man mit dem Blick zwischen den Teilen hin und her wandert. Bei der Nachprüfung *Kailas* mit dem Prisma aus Glühfäden zeigte sich aber die Verflachung im Dunkeln erst aus größerer Entfernung; die Fäden erschienen dann dicker, ihr Abstand kleiner, und deshalb auch die Querdisparation. Der Grund ist wohl die Irradiation, wofür auch die Rolle der größeren Helligkeit spricht. Auch die lebhaftesten Augenbewegungen im Dunkeln ließen das Prisma nicht so spitz erscheinen wie im Hellen, so daß die Bewegungen unmöglich die ganze Ursache sein können; sie sind nicht entscheidend, sondern bloß unterstützend. — Noch stärker weisen Versuche von *P. Zimmermann* (ZPs 87 [1917]) die Konturenschärfe als das Entscheidende bei den Prismenversuchen nach. Bei Glühfäden sahen alle bei wenig Helligkeit ein Prisma mit scharfen Kanten, ein Zwischenmedium besonders zwischen den Kanten, wo es geradezu stofflich gesehen

wurde (als Glas oder Tuch); von einigen auch im Körper. Bei starkem Leuchten wird das Zwischenmedium nicht mehr gesehen, keine Körperlichkeit, die Grenzlinien verschwimmen. Wird dann davor eine trübe Flüssigkeit eingeschaltet, so nimmt die Körperlichkeit wieder zu, wie auch die Schärfe der Kanten. Wird die Helligkeit noch mehr gemindert, so nimmt sie wieder ab. Die Aufforderung, mit dem Blicke zu wandern, hatte keinen Einfluß. Im Dunkeln war der Tiefeneindruck nur bei starkem Glühen undeutlich; das Wandern des Blickes ließ die Tiefe nicht bei allen zunehmen. Schon *Heine* hatte angegeben, daß Sehschärfe und Tiefenunterscheidung zugleich sinken. Die Tiefenwahrnehmung nimmt ja auch nach der Peripherie hin ab, wie die Sehschärfe. Bei Versuchen *Zimmermanns* wird auch das Raumbild eines Stabprismas durch Vorsetzen einer trüben Flüssigkeit verstärkt, wenn die Helligkeit vorher sehr groß war, dagegen erniedrigt, wenn sie schwach gewesen. Auch der *Hering*sche Fallversuch gewinnt durch trübe Flüssigkeit betrachtet an Tiefe, der Raum wird lebhafter. Bei Betrachten durch konkave Gläser nimmt auf die Dauer die Tiefe zu (nach einer anfänglichen Abnahme), wegen der größeren Sehschärfe dabei (Mikropsie, worüber später), bei Konvexgläsern nimmt sie ab. Allgemein erhöht jede Bedingung, die die Linien schärfer macht, auch den Tiefeneindruck. Diese Feststellungen leugnen nicht die Bedeutung der Augenbewegungen für Verstärkung des Tiefeneindrucks, aber schränken ihren Erklärungsbereich ein.

Die Abhängigkeit der Tiefe von solchen Bedingungen, wie Bewegungen und Sehschärfe, weist darauf hin, daß nicht in eindeutiger Weise an eine bestimmte Querdisparation eine unveränderliche Tiefe gebunden ist, sondern zunächst nur das bewirkt wird, daß der Punkt aus der Kernebene heraustritt. Für diese Tatsache des Nichtkernflächeneindrucks gilt die Stabilität der Raumwerte, nicht aber für den positiven Betrag der Tiefe, der von den Umständen abhängt. Nach *Heine* wird ja die Querdisparation um so mehr ausgenützt, je größer die Entfernung des Objektes ist. Nach *E. Lau* (ZPs II 53 [1921]) beweist übrigens der Kernebeneneindruck nicht immer ein Decken der identischen Punkte. Bei starker Konvergenz wird vielmehr der Faden nicht mehr fixiert, sondern vom rechten Auge ein Punkt mehr rechts, vom linken ein Punkt mehr links, so daß das gesehene einfache Bild auf Fusion beruht.

c) Die Vereinigung von Bildern bei Divergenz der Augen entfernt sich noch mehr von den gewöhnlich als wesentlich angenommenen Bedingungen. Schon *Bourdon* erwähnt, daß man stereoskopisch Bilder von Fäden vereinigen kann, die weiter voneinander entfernt sind als die Augendistanz, bis zu 10°. Man kann die beiden stereoskopischen Bilder gegeneinander verdrehen, wobei nach *Helmholtz* jedes Auge sich um mehr als 3° in entgegengesetztem Sinne drehen muß. Aber die Abweichungen können nach *Kirschmann* (PsSd 10) Grade erreichen, wo eine Erklärung durch Augendrehung nicht mehr möglich ist. Man kann das eine Bild vom Auge entfernen oder ihm nähern, es um eine vertikale oder horizontale Achse im Bilde selbst drehen um 30—40°, und doch bleibt die Einheit des körperlichen Bildes bewahrt. Noch klarer zeigten das die Versuche, wenn man zwei gleiche Kreise stereoskopisch vereinigt, die ein gleiches Kreuz tragen, aber so, daß nun das eine Kreuz um 10° gegen das andere verdreht wird: sie geben dann noch immer ein einheitliches Bild des Kreuzes, ohne daß dabei die Orientierung der andern entfernten Gegenstände leidet, ein Beweis, daß es nicht an der Augenbewegung lag. Ja, es werden verschiedene Figuren derart vereinigt, die für sich verschiedene Drehungen verlangen würden. — Hier scheint noch immer die Querdisparation tätig, aber nicht eine absolute, auf korrespondierende Punkte sich beziehende, sondern eine relative, von nichtkorrespondierenden Punkten aus, die also wohl nur zentral zu verstehen ist.

4. Die Aufmerksamkeitslokalisation.

a) Die orthogone Lokalisationstendenz. Sind drei Stäbe in einer Kernebene eingestellt in größerer Entfernung (1—4 *m*), so tritt bei Betrachtung von vorn mit einem Auge und ungezwungener Blickbewegung der Eindruck der Konkavität ein. Der Eindruck wird stärker, je weiter man sich von den Stäben entfernt. Betrachtet man dann die Stäbe von der Seite her, besonders einäugig, so tritt der fernere seitliche Stab vor die andern; sekundär (eine Angleichung) ist, daß auch der nähere seitliche Stab etwas vortritt, aber seltener und weniger stark.

Beides ist in Wirklichkeit dieselbe Erscheinung. Von vorn aus betrachtend, sieht man die linke Seite der Stäbe von rechts her: in der äußersten Stellung rechts sieht man dieselbe linke Seite noch mehr von rechts her. Deshalb wird, wenn man von vorn betrachtet, der linke Stab ein wenig vortreten, von ganz rechts her betrachtet noch mehr vortreten. Entsprechendes gilt für die andere Seite. Also zusammenfassend: die verschiedenen Teile der Figur neigen dazu, auf der Blickrichtung senkrecht zu stehen, die orthogone Lokalisationstendenz. Das tritt bei einäugigem Betrachten am stärksten auf, während bei zweiäugigem Betrachten eine andere Tendenz dem entgegenwirkt. Es ist nicht ganz dieselbe Erscheinung, wenn auf Gemälden Figuren zum Beschauer dieselbe Richtung einzuhalten scheinen, wenn er auch seinen Ort ändert, so daß die Figur sich mitzudrehen scheint, zum Rahmen von der anfänglichen parallellen schließlich eine senkrechte Orientierung erhält. Betrachtet man eine Figur des Gemäldes durch eine Röhre, so kann man das Gemälde bis zu 30° etwa drehen, ohne daß man die Drehung merkt (*Wittmann*). Die Erscheinung beruht darauf, daß in der ebenen Figur z. B. das Auge in der Mitte steht, was sich nicht ändert, wenn der Beschauer auch seinen Standort ändert, was aber immer den Eindruck erweckt, die Person vor sich zu sehen. Eigentlich orthogone Lokalisation läge vor, wenn das ganze Bild senkrecht zum Beschauer eingestellt würde.

b) Die Aufmerksamkeitslokalisation. Betrachtet man zwei horizontal in derselben Vertikalebene übereinandergespannte Fäden schief von oben, so erscheint die Ebene der Fäden gegen die Unterlage geneigt, der untere Faden näher als der obere. Die Erscheinung wird stärker, wenn man mit wanderndem Blicke beobachtet. Allgemein gilt: Ein Objekt, für dessen Tiefenlokalisation keine wirksamen Anhaltspunkte gegeben sind, erscheint relativ fern oder nahe, je nachdem gleichzeitig mit ihm ein bestimmter lokalisiertes fernes oder nahes Objekt aufgefaßt wird. Deshalb reden wir von Aufmerksamkeitslokalisation. Der untere Faden tritt hervor, weil die Aufmerksamkeit nach unten gerichtet war; war dabei ein horizontaler Untergrund sichtbar, so wurde die Erscheinung noch stärker. Mit der Richtung nach unten ist durch Assoziation diejenige in die Nähe verknüpft, weil bei zunehmender Senkung des Blickes ein immer näherer Punkt des Fußbodens hervorzutreten pflegt. — *Kaila* findet die Erscheinung individuell stark verschieden: einer behauptet, er könne dann den Faden sehen, wo er wolle. Wenn man den Faden gut fixiert, sieht man die vertikale Ebene; wenn man dagegen den Hintergrund mitbeachtet, schwankt die Ebene. Es spielt auch die orthogone Lokalisation hinein, die Neigung senkrecht zum Blick einzustellen; außerdem besonders stark die Neigung, Körper zu sehen, Flächen in Oberflächen zu verwandeln. Deshalb fällt die Ebene der Fäden nicht mit dem Untergrund zusammen, sondern bildet damit einen Körper.

Eine Anwendung des Prinzips sind die Angleichungserscheinungen. Betrachtet man die drei Stäbe in der Kernebene durch einen Vorsatzschirm, der gedreht wird, so tritt eine Annäherung der gesehenen Ebene der Stäbe an die gedrehte Ebene des Schirmes ein, bisweilen auch im entgegengesetzten Sinne. Ist nämlich die Aufmerksamkeit vorwiegend auf den ganzen Komplex eingestellt, so wird die Winkeldrehung beider Ebenen gewissermaßen auf beide verteilt (so daß

das Mittel beider wieder zum Blick senkrecht steht). Die Angleichung gehört zur Aufmerksamkeitslokalisation.

Auch die Erscheinung, daß operierte Blindgeborene anfangs alles ganz nahe, oft in Berührung mit den Augen, bemerken, gehört hierher. Der von *Home* Operierte meinte, der Kopf des Arztes berühre seine Augen. Vor dem Sehen lokalisieren die Kranken nur durch Berührung; die Aufmerksamkeit geht deshalb nur auf nahe Objekte. Indem nun Objekte, für die kein anderes Motiv besteht, in diejenige Tiefe verlegt werden, in der sich die beachteten befinden, wird ebenso die Gesamtheit der Sehdinge in die unmittelbare Nähe des Körpers verlegt. Wenn sich dann der Bereich der ausdrücklich beachteten Objekte immer mehr erweitert, muß die Fläche auch weiter hinausrücken. Dazu kommt übrigens noch, daß beim anfänglichen Sehen die mit dem Sehen verbundenen Organempfindungen sehr stark sind, wie es auch bei Augenleiden wiederkehren kann, und deshalb die Aufmerksamkeit so auf den Ort des Auges gelenkt wird.

5. Das Sehen des leeren Raumes.

Schon *Hering* bemerkte, daß man den leeren Raum sieht, und zwar anders bei Tage als bei Nacht; die zunehmende Dunkelheit lege sich zwischen uns und die Dinge, um schließlich den leeren Raum zu füllen. Einen dunklen Kasten sieht man vom Dunkel erfüllt, ebenso eine schattige Ecke im Zimmer. *Jaensch* fand: Eine leere Ecke im Zimmer erscheint nur dann wirklich von Dunkel erfüllt, wenn Blick und Aufmerksamkeit nicht auf die Wand selbst gerichtet sind, sondern auf einen in der Luft befindlichen Punkt. Sonst würde nur die Wand gesehen, der Raum glatt durchblickt. Wenn die Ecke mit buntem Lichte beleuchtet wird, ist es für die Erblickung des leeren Raumes besonders günstig, wenn man flüchtig hinsieht oder aus größerer Ferne, oder wenn sonst die Aufmerksamkeit auf den umschlossenen Raum gelenkt wird, etwa durch hineinhängende Lote.

Wird eine farbige Flüssigkeit durch einen vorgesetzten Schirm beobachtet, so erscheint zunächst nur Farbe hinter den Rändern des Schirmes. Hängt man dagegen drei Fäden hinein, die miteinander ein Prisma einschließen, so erscheint bei Betrachtung aus der Nähe die Färbung des Zwischenmediums gegen farblos hin, um so mehr, je näher der Beobachter steht. Bei Steigerung des Abstandes wird die Färbung immer tiefer und nimmt der Tiefeneindruck gleichzeitig ab; ebenso nimmt die sinnliche Deutlichkeit des Zwischenmediums ab. Dabei verschwindet die Wahrnehmung des Zwischenmediums stets früher als die Wahrnehmung des Tiefenunterschiedes. Wenn man aber durch absichtliches Wandern des Blickes die Wirksamkeit des Tiefeneindruckes wieder steigert, tritt der Farbenunterschied sofort wieder klarer hervor. Es wird dadurch die Aufmerksamkeit nicht mehr auf die Fäden allein, sondern auf den trennenden Raum gerichtet.

Das buntfarbige Zwischenmedium ist ein Ausnahmefall: die Farbe kommt daher, daß die nähere Umgebung in größerer Ausdehnung gleichmäßig gefärbt ist. Herrscht keine bestimmte Farbe vor, so erscheint der leere Raum farblos hell, und das ist das gewöhnliche. Die eigentliche Empfindung des Zwischenmediums ist das farblose Grau der endogenen Grauerregung, welches durch die Stimmung des Sehorgans getönt wird. Ein Grenzfall ist das subjektive Augengrau der Dunkelheit, das denselben Gesetzen wie das Zwischenmedium folgt.

Die impressionistische Malerei, welche die gefärbte Atmosphäre wiedergeben will, verlangt eine flüchtige Betrachtungsweise. Deshalb werden die Gegenstände absichtlich so gemalt, wie sie dann gesehen werden, unscharf, verschwommen. Erst wenn man wegtritt, fängt alles an zu leben, zu flimmern und zu leuchten. Das Wandern der Aufmerksamkeit würde durch scharfe Konturen bevorzugt, die durch leeren Raum getrennt sind (die Säulenreihen, Architekturen der alten Malerei). Um das zu vermeiden, um eine simultane Erfassung mit gesättigter

Färbung des Zwischenmediums zu erzielen, werden zarte, verschwimmende Objekte bevorzugt.

6. Zusammenhang von Querdisparation und Aufmerksamkeitslokalisation nach *Jaensch*. Bei Abwesenheit anderer Motive werden die Gesichtsobjekte in diejenige Tiefe verlegt, auf welche die Aufmerksamkeit gerade gerichtet ist. Werden Objekte in verschiedenen Tiefen von der Aufmerksamkeit nacheinander durchwandert, so bilden sie sich der Reihe nach im direkten Sehen ab. Liegt zwischen beiden Objekten nur die Atmosphäre, so ist während der Wanderung die Empfindung des Zwischenmediums im Vordergrund der Aufmerksamkeit. Die Deutlichkeit der Tiefenwahrnehmung wird besonders befördert durch ein häufiges und lebhaftes Wandern des Blickes. Auch *Hillebrand* fand, daß während der Konvergenzänderung im Haploskop das Näherrücken von höchster Deutlichkeit erscheine. Vermutlich kann die Querdisparation, die anfangs immer Wanderung der Aufmerksamkeit auslöste, später durch Assoziation unmittelbar die sinnliche Raumwahrnehmung bewirken.

Die Sonderstellung der Querdisparation folgt schon daraus, daß bei ihr die Bedingungen für die Deutlichkeit des Tiefeneindruckes und seine quantitative Eindeutigkeit vollkommener erfüllt sind als sonst. Um Doppelbilder zu vereinigen, braucht es eine ganz bestimmte, immer gleiche Konvergenzbewegung, während ein bestimmter Akkommodationszustand für eine ganze Reihe objektiver Tiefenwerte paßt. Die ungeheure Überlegenheit der Querdisparation erklärt sich völlig daraus, daß die Netzhautstellen, deren gleichzeitige Reizung zu keiner Wanderung Anlaß gibt, auf der Netzhaut eine feste Lage besitzen und von der Umgebung funktionell scharf abgegrenzt sind. Deshalb ist die Querdisparation ein Mikroskop für untermerkliche Unterschiede, z. B. um eine gefälschte Banknote zu erkennen. Nur das läßt sich genau entscheiden, ob ein Kernflächeneindruck besteht oder nicht. Über die Größe der verschiedenen Tiefenwerte belehrt uns die Querdisparation nicht genau. Dafür ist der Maßstab nach dem Konvergenzgrad (oder wohl besser den Erfahrungsmotiven) sehr verschieden.

Ein bestimmtes Urteil über die Entfernung eines Objektes läßt sich häufig erst nach Einführung einer sichtbaren Zwischenstrecke abgeben; das war zu erwarten, da nur dann Wanderung der Aufmerksamkeit eintritt. Auch die indirekt gesehenen Teile des eigenen Körpers ziehen von Zeit zu Zeit den Blick auf sich; die leere Luft im Zimmer verdankt ihre Lokalisation der Angleichung an die in die Tiefe führenden Wände. Wenn man durch einen Schirm die indirekt erscheinenden und die Aufmerksamkeit in die Tiefe ziehenden Objekte hindert, ihren angleichenden Einfluß zu entfalten, verschwindet der bestimmte Tiefeneindruck der Luftstrecke bald, wie schon *Hillebrand* bemerkte. Es liegt das aber nicht so sehr am Ausschluß der Halbbilder von Teilen des eigenen Körpers und damit der Querdisparation, als daran, daß die in die Tiefe führenden Strecken abgedeckt werden. Denn dieselbe Behinderung tritt ein, wenn der eigene Körper gut sichtbar ist, aber durch einen etwas entfernten Schirm die Strecken dahinter zu dem zu lokalisierenden Objekt abgedeckt sind. — Die Berechtigung dieser vorzüglich im Anschluß an *Jaensch* gegebenen Erklärungen im einzelnen, können nur weitere Untersuchungen entscheiden. Für die empiristische Erklärung der Wirksamkeit der Querdisparation liegen ja schon viele Bestätigungen vor, wie die Untersuchungen von *Karpinska* und besonders *Kaila*.

Die besondere Fassung dieser Erklärung in den Augenbewegungen erscheint vielen übertrieben, die Rolle der bewegten und ruhenden Aufmerksamkeit zu unbestimmt gehalten.

§ 10. Die Sehgröße (die scheinbare Größe der Sehdinge).

Literatur. *Hillebrand,* Theorie der scheinbaren Größe bei binokularem Sehen, 1902. — *Reimann,* Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont, in ZPs 30 (1902) 1 ff. — *Claparède,* L'agrandissement et la proximité apparents de la lune à l'horizon, in ArPs (f) 5 (1906) 121 ff. — *Al. Müller,* Über den Einfluß der Blickrichtung auf die Gestaltung des Himmelsgewölbes, in ZPs 40 (1906) 74 ff. — *v. Sterneck,* Der Sehraum auf Grund der Erfahrung. 1907. — *Pozděna,* Eine Methode zur experimentellen und konstruktiven Bestimmung der Form des Firmaments, in ZPs 51 (1909) 200 ff. — *Poppelreuter,* Über die Bedeutung der scheinbaren Größe und Gestalt für die Gesichtswahrnehmung, in ZPs 54 (1910) 311 ff.; 58 (1911) 200 ff. — *Al. Müller,* Die Referenzflächen des Himmels und der Gestirne, 1918; ders., Beiträge zum Problem der Referenzflächen usw., in ArGsPs 41 (1921) 47 ff.

1. Der Begriff der Sehgröße. Bei der Tiefenwahrnehmung war bisher nur von relativen Bestimmungen die Rede, von einem Näher- oder Ferner-, Größer- oder Kleinererscheinen. Jetzt fragen wir nach den zahlenmäßigen Bestimmungen der Sehdinge; wir suchen also das Aussehen des Sehraumes festzustellen, seine Entfernungen und Richtungen im Vergleich mit denen des wirklichen Raumes.

Nach dem Sprachgebrauch der Astronomie versteht man unter scheinbarer Größe gewöhnlich die Größe des Netzhautbildes, oder was damit zusammenhängt, die Größe des Gesichtswinkels, den die Richtungslinien nach dem Objekt einschließen. Das ist zulässig, wenn man mit einer so großen Entfernung zu tun hat, daß die Unterschiede nicht wahrnehmbar sind, wie in der Astronomie. Bei endlichen Entfernungen ist das nicht mehr passend.

Wir unterscheiden genauer die Netzhautbildgröße oder den Gesichtswinkel; ferner die Sehgröße oder scheinbare Größe, d. h. die Größe, wie man sie wirklich sieht; endlich die geschätzte Größe, die man aus der Erfahrung im Urteil aussagt.

Man bemerkt leicht, daß in Grenzfällen die Sehgröße mit der wirklichen Größe nicht übereinstimmt. So erscheinen dem Auge die Sterne offenbar nicht in ihrer ungeheuren Entfernung, überhaupt nicht in verschiedenen Entfernungen, sondern alle an der Himmelsoberfläche, deren scheinbare Entfernung noch zu bestimmen bleibt, in ungefähr gleicher Entfernung vom Auge. Etwas Ähnliches zeigen auch sehr weit entfernte irdische Objekte. Der Mond erscheint fast direkt hinter den Wolken; Berge scheinen oft unmittelbar hintereinander aufzusteigen; die entferntesten Berge sind immer in gleicher Entfernung, in einem Kreise (*v. Sterneck*). Die Steine eines Tunnels schwellen scheinbar an, wenn man sich ihm mit der Bahn nähert; in der Nähe ist man von der absoluten Größe der Steine überrascht (*Mach*). Fährt man an rechtwinkligen Feldern vorbei, so erscheinen sie in der Entfernung spitzig und in einer drehenden Bewegung begriffen; die Entfernung wird unterschätzt; die gesehene Änderung der Richtung bleibt deshalb hinter der Erwartung zurück. — Diese Überzeugung von dem Zurückbleiben der gesehenen Entfernung hinter der wirklichen wurde schon längst ausgesprochen. So *Stumpf, Hering:* Die Tiefenauslegung des Netzhautbildes ist stets eine unvollkommene und bleibt auf halbem Wege zwischen dem flachen Netzhautbild und der körperlichen Wirklichkeit stehen.

Allgemein denkt man sich den Zusammenhang zwischen scheinbarer Größe und Entfernung so, daß die Sehgröße durch Gesichtswinkel und scheinbare Entfernung bestimmt ist. Solange wir die Entfernungen der Dinge richtig sehen, werden wir auch ihre Größe richtig sehen können. Das ist ja in der Nähe zweifellos der Fall. Die Hand wird nicht scheinbar dreimal kleiner, wenn ich sie dreimal weiter vom Gesicht entferne, sondern bleibt merklich gleich groß.

Aus den scheinbaren Größen setzt sich auch jede einzelne scheinbare Gestalt zusammen. Die vordere Fläche des Schrankes, vor dem ich stehe, sehe ich ähnlich oder genau richtig, die Seitenfläche meist stark verkürzt, allerdings nicht so stark wie im Netzhautbild. Die scheinbare Gestalt ist ein Mittleres zwischen der Netzhautabbildung (der projektivischen Gestalt), die man auch erhält, wenn man das Objekt auf einer zwischengehaltenen Glastafel nachzeichnet, und der objektiv richtigen Gestalt.

Die Sehrichtung eines Punktes ist seine Orientierung zum Auge, gewöhnlich gerechnet zur Verbindungslinie beider Augen. Die objektive Sehrichtung ist durch den wirklichen Punkt und die wirklichen Augen bestimmt; die subjektive Sehrichtung dagegen durch den Ort der Sehdinge, die mit den wirklichen nicht zusammenfallen. In einer gewissen Breite stimmen die objektiven Sehrichtungen vermutlich mit den subjektiven überein, „die Adäquatheit der Sehrichtungen“ kann da angenommen werden. Die Tiefe wird oft der Entfernung gleichgesetzt. Genauer haben wir bei der Tiefe ein zweites subjektives Koordinatensystem, das durch Vertikal-, Median- und Horizontalebene bestimmt ist. Wenn man vor einer Wand steht, hat dieselbe überall dieselbe Tiefe, aber nicht überall dieselbe Entfernung von uns.

Unser Wahrnehmungsraum ist ein Reliefraum, in dem die Bedingungen, welche die scheinbaren Entfernungen geben, mit wachsender objektiver Entfernung immer mehr unwirksam werden.

2. Ältere Bestimmungen der Sehgröße beziehen sich fast ausschließlich auf die scheinbare Größe von Sonne und Mond. Beide erscheinen nämlich allgemein am Horizont größer als im Zenit. Die Erklärungsversuche dieser Erscheinungen gehen über zwei Jahrtausende zurück (vgl. die geschichtliche Darstellung bei *Reimann*). So nannte *Aristoteles* als Grund für die Vergrößerung am Horizont die feuchten Dämpfe, welche wie eine Linse vergrößernd wirkten. Heute wissen wir, daß die Größe des Mondes durch die Strahlenbrechung nicht erheblich verändert wird. Nach *Alhazen* erscheint uns das Himmelsgewölbe als eine ebene Wanddecke. Nach *Hobbes* sehen wir die obere Fläche der Atmosphäre, die eine Kugelkalotte ist. Das setzt voraus, daß jene äußerste Luftschicht in ihrer wirklichen Entfernung gesehen wird, was nach dem Gesagten nicht wahrscheinlich ist. *Zoth* verweist auf die Blickrichtung; aber die einstweilen gefundenen Werte dieser Unterschätzung bei erhobenem Blicke (höchstens 20%) reichen nicht entfernt an die Größe der Täuschung (das Zwei- oder Dreifache) usw.

Die gewöhnliche Auffassung ist unstreitig die, es bestehe ein Zusammenhang zwischen der scheinbaren Größe der Gestirne und der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes; aus irgend einem Grunde erscheine uns der Himmel nicht als Halbkugel, sondern flacher, und deshalb würden die daran haftenden Sterne mit wachsender Höhe kleiner. Die Haupteinwendungen dagegen sind: a) Einige leugnen, daß der Himmel, wenigstens über dem Horizontband hinaus, überhaupt eine Gestalt und Entfernung zeige. *v. Zehender* (ZPs 24) findet keine Wölbung, sondern nur blaue Farbe: ähnlich *Haenel* (ZPs 51). — Nach dem früher Gesagten über die relative Unbestimmtheit mancher Sehentfernungen begreifen sich solche Äußerungen und stehen nicht in unlösbarem Widerspruch mit den Entfernungswahrnehmungen anderer oder unter etwas

andern Umständen. b) Manchen erscheint der Mond am Horizont nicht ferner, sondern geradezu näher, ja beides wird selbst in einen ursächlichen Zusammenhang gebracht. So fand es *Zoth* bei einer Umfrage von 100 Personen; ähnlich *Claparède*. — Doch bemerkt *Claparède* selbst, daß der Widerspruch ein scheinbarer sein könne; nach eigenen Versuchen können die Vorstellungen näher und ferner aus verschiedenen Ursachen zugleich in der Wahrnehmung auftreten. (Darüber später bei Behandlung der Mikropsie.)

3. Die Methoden für die Ausmessung des Sehraumes. Die typische Methode für die Größenbestimmung der Gestirne erwähnt schon *Plateau;* er blickte den Vollmond an und entwarf das erhaltene Nachbild auf eine nahe Mauer; dann veränderte er seine Entfernung von der Mauer so lange, bis das leicht meßbare Nachbild mit dem Monde gleich groß erschien. *Reimann* ließ eine Kartonscheibe annähern, *Pozděna* einen künstlichen Mond in 4 m Entfernung in der Größe verändern, bis die scheinbare Gleichheit bestand. Ähnlich bestimmte *v. Sterneck* in unmittelbarer Nähe eine Länge, die der Sterngröße gleich erschien. *Deichmüller* dachte sich vom Stern eine Senkrechte auf die Horizontalebene gefällt und richtete es durch Näher- und Fernergehen so ein, daß diese Linie mit der eines gesehenen Turmes zusammenfiel. Dann läßt sich aus dem Höhenwinkel und der Entfernung des Turmes leicht die Entfernung des Sternes berechnen. Für relative Bestimmungen suchte man den Bogen vom Horizont zum Zenit nach dem Augenschein zu halbieren. Für irdische Objekte liegt es nahe, Stäbe in verschiedener Entfernung zu vergleichen (*Martius*) oder direkt übersehene Entfernungen (*v. Sterneck*). *Poppelreuter* faßt die Verfahren zusammen: Man kann a) scheinbare Größen miteinander vergleichen. In geringerer Entfernung ist eine normale Größe gegeben; dann sucht man in verschiedenen konstanten Entfernungen Größen, welche der normalen gleich erscheinen. Oder die Vergleichsgröße wird konstant gehalten und die Entfernungen verändert bis zum Eintritt der Größengleichheit. b) Andere Methoden lassen die scheinbare Gestalt beurteilen. *Hillebrand:* Man stellt Fäden auf Parallelismus ein. Dann ist die Differenz der scheinbaren und projektivischen Gestalt ein Maß für die Wirksamkeit der Tiefenfaktoren. Wird gar keine Tiefe gesehen, so hätte man projektivische Gestalt; wenn die ganz richtige Tiefe, so hätte man wirklichen Parallelismus. Oder man wählt eine konstant bleibende objektive Gestalt und verändert ihre Lage. Man dreht z. B. eine Ellipse, bis sie als Kreis erscheint, sowohl für die zentrale Projektion wie für die direkte Ansicht. Die Differenz ist ein Maß für die Wirksamkeit der Tiefenfaktoren usw.

Bei der praktischen Bestimmung handelt es sich für jeden Punkt des Sehraumes sowohl um seine Entfernung als um seine Sehrichtung, die voneinander unabhängig veränderlich sind. Der Wahrnehmungsraum ist im allgemeinen dem wirklichen Raum nicht völlig ähnlich. Will man ihn darstellen, so muß man die Sehrichtungen und Entfernungen beider getrennt bestimmen. Wegen des Gesetzes der identischen Sehrichtungen genügt es, für das imaginäre Mittelauge die Sehrichtungen zu konstruieren. *Poppelreuter* bezeichnet zur Unterscheidung die objektiven Ausdehnungen mit großen, die subjektiven mit kleinen lateinischen Buchstaben; die Winkel mit α bzw. α′. Zwischen objektiven und subjektiven Größen besteht keine eigentliche Gleichheit, sondern ein Entsprechen, welches durch das Zeichen || zwischen Größen oder Gleichungen angedeutet wird; z. B. Linie $A \parallel a$. Einige Anwendungen: So ergibt sich unmittelbar:

Fig. 50.

1. Die scheinbare Größe ist eine Funktion der scheinbaren Entfernung und des Gesichtswinkels. In der Figur 50 bedeutet α′ den Gesichtswinkel zwischen der Median-

ebene und den Endpunkten der frontalparallelen Strecken g_1 und g_2; l_1 und l_2 seien deren Entfernungen vom Auge; so gilt:

$$tang\ \alpha' = \frac{g_1}{l_1} = \frac{g_2}{l_2} = \cdots$$

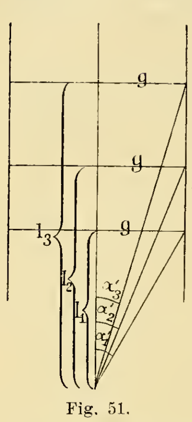


Fig. 51.

2. Betrachten wir zwei scheinbare Parallele von einem Punkte ihrer Mittellinie aus, wie es in den Alleekurven geschieht. Seien die Entfernungen der Parallelen wieder l_1 und l_2, die zugehörigen Winkel zwischen Endpunkt und Medianlinie α'_1, α'_2, die scheinbar gleichen Parallelen $= g$ (Fig. 51), so gilt:

$$g = l_1\ tang\ \alpha'_1 = l_2\ tang\ \alpha'_2 \cdots$$

Mithin nehmen die Gesichtswinkel dann nicht mit derselben Geschwindigkeit ab, als die Entfernungen wachsen; die Winkel verhalten sich nicht wie ihre Tangenten.

3. Wird eine Allee scheinbarer Parallelen so hergestellt, daß gleichzeitig die Entfernungsunterschiede scheinbar gleich sind (e), so gilt, wie man leicht nachweisen kann:

$$e = (cot\ \alpha'_2 - cot\ \alpha'_1)\ g = (cot\ \alpha'_3 - cot\ \alpha'_2)\ g = \cdots$$

Natürlich gilt das nicht für die objektiven Alleen (Fig. 52), sondern da gibt es nur ein Entsprechen:

$$tang\ \alpha_1 = \frac{G_1}{A} \parallel tang\ \alpha'_1 = \frac{g}{a}$$

$$tang\ \alpha_2 = \frac{G_2}{A + E_1} \parallel tang\ \alpha'_2 = \frac{g}{a + e_1} \cdots$$

Die objektive Allee nun kann direkt gemessen werden, während sich über die subjektive gewöhnlich wenig aussagen läßt. Nur wenn man die Annahme machen darf, daß die Sehrichtungen adäquat sind, so können wir die objektiven und subjektiven Gesichtswinkel einander gleichsetzen, was oft weitere Bestimmungen erlaubt. Diese Annahme macht z. B. *v. Sterneck* in seinem Sehwinkelgesetz. Sie erlaubt dann, aus der scheinbaren Größe die scheinbare Entfernung zu berechnen, da ja der objektive Sehwinkel gemessen werden kann. Nun zu den Ergebnissen der Beobachtungen.

4. Die relativen Größen. Schon von *Bouguer* stammt die Angabe, daß der Boden einer langen Allee sich zu erheben scheint, indem wir die Sehstrahlen nach der Ferne verkürzt sehen. *Hillebrand* prüfte den scheinbaren Parallelismus, indem er zwei Reihen von vertikalen Fäden so einstellte, daß der Abstand je zweier zusammengehöriger Fäden immer gleich erscheint, also die Fäden zwei Parallele bilden. Man redet da von einer Allee; die Kurve, welche die Fußpunkte der Allee dann in Wirklichkeit beschreiben, heißt die Alleekurve. Der Versuch zeigt nun: je größer die Entfernung, desto weniger beeinflußte ein gleich großer Entfernungsunterschied den Gesichtswinkel; ganz in der Nähe ist der Einfluß größerer Entfernung sehr stark, in äußerster Entfernung ist er bekanntlich null, da hängt die scheinbare Größe bloß von dem Gesichtswinkel ab.

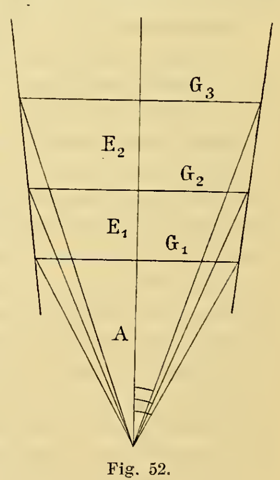


Fig. 52.

Für die Alleekurve gilt das Gesetz: Sei *AB* (Fig. 53) die Basallinie (die Verbindung der Knotenpunkte beider Augen), *P* ein Punkt der Alleekurve, α, β die Winkel der Richtungslinien von *P* mit der Basallinie, so ergeben die Versuche den empirischen Satz: Wenn man von

einem Alleepunkt zu einem andern übergeht, ist für denselben Beobachter und dieselbe Allee das Verhältnis der Zuwüchse der Winkel α und β konstant. — *Blumenfeld* (ZPs 65 [1913]) findet das Gesetz der Kurve nicht bewiesen. Die Abweichung von der berechneten Kurve macht sich besonders geltend, wenn sie der Gesichtslinie nahe liegt.

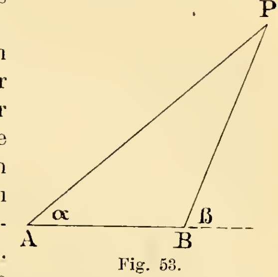


Fig. 53.

Bei allen Versuchen mit Alleen findet *Poppelreuter* in Bestätigung des schon Bekannten, daß die Alleen nach der Tiefe zu divergieren, medianwärts konkav sind, also der Sehraum inadäquat ist. Bei ihm fanden sich die Unterschiede der bei ein- und zweiäugigem Sehen hergestellten Alleen aber sehr gering. Setzt man Adäquatheit der Sehrichtungen voraus, so läßt sich aus den Messungen die scheinbare Entfernung der Fadenpaare berechnen (e). So bestätigt sich, was die Beobachtung schon direkt zeigte, daß der scheinbare Entfernungsunterschied immer kleiner wird, je mehr die Entfernung anwächst. Ebenso müssen die Entfernungsunterschiede um so kleiner werden, je schlechter die Raumwahrnehmung ist, d. h. je mehr die Alleen divergieren.

Um über die Frage der Adäquatheit der Sehrichtungen zu entscheiden, stellte *Poppelreuter* Alleen her, worin nicht nur die Breite, sondern zugleich auch der Tiefenabstand der einzelnen Paare untereinander gleich erschien. Wenn die Voraussetzung der Adäquatheit der Sehrichtungen richtig ist, müssen dann die nach den Formeln berechneten Werte für e_1, e_2, e_3 usw. nahezu gleich sein. Die Übereinstimmung fand sich so befriedigend, daß er die Adäquatheit als mit großer Wahrscheinlichkeit bewiesen erachtet.

Blumenfeld dagegen hält die Behauptung für unwahrscheinlich. Er stellte Alleen durch Flämmchen oder Stäbe oder auch durch Kanten (nach *Hillebrand*) her; die Einstellung erfolgte entweder auf scheinbaren Parallelismus (Parallelreihen) oder auf gleiche scheinbare Distanz der zugehörigen Glieder (Distanzreihen). Bei den Parallelreihen waren die erhaltenen Kurven gerade oder schwach konkav. In der Richtung halten sie die Mitte zwischen wirklichen Parallelen und den von den Augen in die Tiefe gehenden Linien. Am breitesten vorn waren die im Hellen gebildeten Staballeen; enger sind diejenigen der Flämmchen, noch enger die einäugig hergestellten Reihen; am engsten, wenn mit Kantenapparat gebildet, die einfach Deckung zeigen. Die Bewegung des Blickes war für die Tiefenauffassung günstig. Zur Einstellung wurde bald die vertikale Richtung in die Tiefe benutzt, bald der Parallelismus zur Medianebene. Ganz anders war der Eindruck bei den Distanzreihen. Hier wird jeder Punkt unter möglichst genauer Tiefenlokalisation fixiert. Die Distanzreihen waren durchschnittlich vorn breiter als die Parallelreihen und zugleich konvex. In der Nähe ist das Bewußtsein der Tiefenlage klarer, was den objektiven Parallelen näher bringt. Bei entfernteren Paaren scheint die Paralleltendenz vorzuherrschen. Die Verschiedenheit der Resultate bei den beiden Einstellungen ist kein Widerspruch; die parallelen Linien scheinen gleichen Abstand zu haben, solange sie als Parallele aufgefaßt werden, aber nicht notwendig, wenn man ausdrücklich auf die Gleichheit des Abstandes achtet.

5. Die absolute Ausdehnung des Sehraumes glaubte *Hillebrand* durch einen Satz über die ebenmerklichen Tiefenunterschiede entscheiden zu können. Danach entsprechen aufeinanderfolgende ebenmerkliche Tiefenunterschiede immer gleichen Gesichtswinkeln. Nun glaubt er annehmen zu können, daß diese ebenmerklichen Tiefenunterschiede scheinbar gleich groß seien. Damit wäre dann die gesuchte Ab-

hängigkeit zwischen scheinbarem und wirklichem Entfernungsunterschied gefunden. In der Entfernung von 1 *m* war z. B. dieser ebenmerkliche Tiefenunterschied 5,6 *mm*; in der Entfernung von 3,8 *m* schon 70 *mm* usw., die demnach als scheinbar gleiche Strecken aufzufassen wären.

Poppelreuter weist diesen Satz zurück, da er zu unannehmbaren Folgerungen führt. Danach würde der Punkt der medianen Linie, welcher die Strecke vom Auge zum fernsten Punkt scheinbar halbiert, erhalten, indem man einen Winkel von weniger als 45° an die Basallinie anlegt, d. h. in einer Entfernung von 3 bis 4 *cm* vom Auge; oder wenn man selbst nicht beim Auge anfangen will, sondern in 10 *cm* Entfernung, was sicher möglich ist, so käme der Halbierungspunkt des scheinbaren Raumes in eine Entfernung von 21 *cm*, was widersinnig ist. Ferner ist die vorausgesetzte Gleichheit der ebenmerklichen Tiefenunterschiede eine unerwiesene Behauptung. Achtet man besonders darauf, so findet man klar, daß die ebenmerklichen Tiefenunterschiede mit wachsender absoluter Entfernung sehr deutlich immer größer werden. Schon *Heine* hatte gefunden: Die Disparationsgröße wird für die Bestimmung der Tiefe um so besser ausgenützt, je weiter entfernt wir ein Objekt sehen. *Issel* zeigte die Unrichtigkeit der *Hillebrand*schen Annahme, indem bei Einstellung auf scheinbar gleiche Tiefenunterschiede in wachsender Entfernung die Disparationen gewaltig abnahmen.

Auch bei denjenigen Alleen *Poppelreuters,* wo gleichzeitig auf scheinbar gleiche Tiefenunterschiede eingestellt wurde, zeigten sich die Disparationswinkel nicht im geringsten gleich. Das Gesetz der Abhängigkeit des Sehraumes ist also dadurch noch nicht gefunden.

Poppelreuter schließt aus seinen vorläufigen Versuchen mit Wahrscheinlichkeit: Bei Einstellung auf scheinbar gleiche Entfernungsunterschiede bilden die objektiven Entfernungsunterschiede eine arithmetische Reihe. Nur in der nächsten Nähe des Körpers bleibt die Gesetzmäßigkeit nicht erhalten. Auch früher schon war anerkannt, daß es einen bestimmten Bereich gibt, innerhalb dessen die Gegenstände in ihren wirklichen Größenverhältnissen gesehen werden: den orthoskopischen Bereich. Jenseits desselben erscheinen die Gegenstände im Vergleich mit der Breitenausdehnung flacher, diesseits tiefer, als den wirklichen Dimensionen entspricht (*Hofmann*).

6. Wenden wir uns von den Gesetzen nunmehr zu den Einzelwerten, so gehen diese einstweilen noch stark auseinander. Der Grund ist, daß die Abhängigkeit der Sehgröße von den objektiven und subjektiven Bedingungen noch zu wenig in klare Gesetze gefaßt ist, weshalb die Tragweite der Beobachtungen bei verschiedenen Methoden nicht ganz zu durchschauen ist. Die Ergebnisse erlauben vielfach erst die Größenklasse dieser Werte zu übersehen.

a) Zu den relativen Bestimmungen gehört die Feststellung der Gestalt des Himmelsgewölbes unter verschiedenen Bedingungen, also vor allem das Größenverhältnis der vertikalen zur horizontalen Erstreckung und die genauere Form des Meridians. Bei den Bestimmungen des Halbierungswinkels zwischen Zenith und Horizont findet *Kämtz* $22^1/_2$°. *Reimann* im Mittel 22°; der Winkel war kleiner bei größerer Bewölkungsdichte, ebenso am hellen Tag, am Nachmittag. *Reimann* berechnet daraus das Himmelsgewölbe als Kugelkalotte mit dem Quotienten $Q = 3{,}55$ (der Horizontal- zur Vertikaldistanz). *A. Müller,* der den Zenith durch eine Marke festlegte, gewinnt den Halbierungswinkel von 30—32° bei Bewölkung, 35,7° bei klarem Himmel; er findet keine Kugelkappe, sondern daß bei etwa 10° eine andere

Krümmung beginnt. *Nijland* findet bei abendlichem Sternenhimmel nur ganz schwache Abweichungen der scheinbaren von den wirklichen Winkelwerten; das ergebe eine sehr geringe Abplattung des Nachthimmels, viel geringer, als er sie selbst sehe. Vermutlich ist es ihm nicht gelungen, seine astronomischen Erfahrungen über die Sternhöhen aus den Schätzungen auszuschließen, eine naheliegende Fehlerquelle.

Der Halbierungswinkel ist bei heiterem Himmel kleiner als bei Wolken und ändert sich mit deren Höhe. Für den Wolkenhimmel gibt *Reimann* Q = 3,75 an; *A. Müller* 2,25; dagegen *Bourdon* 6,4; *v. Sterneck* 6,7. *Müller* vermutet, daß die Werte für Wolkenhimmel und Wolken auseinanderzuhalten sind. Für die Wolken sei der Meridian vermutlich eine Kurve mit zwei Wendepunkten. Für die Sonne hat *A. Müller* Werte zwischen 1,33 und 2,71, *v. Sterneck* zwischen 2,9 und 5. Die Kurve hat wieder zwei Wendepunkte, wie auch die für den Mond, wo aber die Werte kleiner sind: nach *v. Sterneck* zwischen 1,5 und 3,8. Für den Sternenhimmel gibt *A. Müller* Werte zwischen 1,7 und 2,8 an, für die Sterne zwischen 1,6 und 2. Auch ist bei Sonne und Mond Reinheit der Atmosphäre und Bewölkung von Einfluß. Schon *Bourdon* war diese Abhängigkeit des Halbierungswinkels von den Bedingungen bekannt. Bei voller Dunkelheit scheint einen diese von allen Seiten einzuengen: bei blauem Himmel wird die Illusion des Gewölbes schwächer, wenn man auf dem Rücken liegt und einen Teil betrachtet, dessen Erscheinung dann äußerst klein sein kann. Nie erscheint es halbkugelförmig; selbst wenn man von der Ebene nichts sieht, ist ihre Vorstellung da.

b) Absolute Größen werden schon in älteren Schätzungen nach dem unmittelbaren Eindruck (also mit Verwendung vorgestellter Maße) angegeben, was *Groß* (Kriminalpsychologie) sonderbar findet: ein so bedeutender Denker wie *Reid* meinte noch, der Mond erscheine uns mit freiem Auge betrachtet etwa tellergroß. Was hier verspottet wird, ist wirklich der beständig wiedergegebene Eindruck. Fragt man Unbefangene, wie groß ihnen die Sonne erscheine, indem man sie aus Scheiben verschiedenster Größe die passendste auswählen läßt, so geben die meisten Werte an, die um 15—20 *cm* liegen; dazu würde beim bekannten Gesichtswinkel der Sonne eine scheinbare Entfernung der Sonne von 16 *m* oder etwas mehr gehören. Nur wenig größere Werte findet auch *Höfler*. Früher schon hatte *Plateau* angegeben, daß sich aus seiner Nachbildmethode eine Entfernung des Vollmondes zu 51 *m* ergeben würde. Bei *v. Sterneck* schätzten von 30 Beobachtern 22 den Durchmesser des Vollmondes (bei 13° Höhe) zu 18 *cm*, 3 bloß auf 9, 5 gar nur auf 3 *cm*. Für irdische Objekte gibt *Filehne* (1912) an: Ein Mensch erscheint uns in 10 *m* Entfernung nicht kleiner als in 3 *m*, nur ein operierter Blindgeborner täuscht sich darin; in 50—100 *m* Entfernung aber sehen die Menschen schon klein aus.

Einige Zahlenwerte eigener und fremder Schätzungen über diese Kleinheit des Sehraums sammelte *Bourdon*: Bei Rückenlage sieht er selbst die Wolken, wie er schätzt, in 20—30 *m* Entfernung; schließe er dann ein Auge, so werde der Eindruck oft ganz unbestimmt. Sieht man Wolken hinter Gebäuden, so unterschätzt man deren Entfernung bedeutend (Angleichung an die Entfernung der Gebäude). *Bourdon* scheinen sie über dem Domturm etwa 20 *m*, über dem Eiffelturm 5 *m* entfernt. Der Horizont über dem Meer senkrecht zur Uferlinie scheint näher, als wenn man der Uferlinie folgt, wo man mehr Anhaltspunkte hat. Wenn mit der Dunkelheit die Objekte nicht mehr erkannt werden, rückt das Himmelsgewölbe näher heran. *Bourdon* findet bei Nachfrage, daß Sterne in 45° Höhe als etwa 80—150 *m* entfernt

geschätzt werden, ausnahmsweise niedrig auf 30 *m*. Gewöhnlichen Beobachtern erscheint der Mond etwa wie ein Teller, also 20—30 *cm* groß. Die Entfernung des Himmelsgewölbes in halber Höhe wird zu 100—149 *m* angegeben. *Bourdon* selbst sieht beim Liegen auf dem Rücken die Sonne wie ein Frankenstück.

c) Genauere Messungsversuche, indem man sich nicht auf ein erinnertes Maß verläßt, sondern ein wahrgenommenes Maß mit der Größe direkt vergleicht, sind natürlich mit dem vorher erwähnten Vorbehalt aufzunehmen. *v. Sterneck* nimmt für die scheinbaren Entfernungen irdischer Objekte den Abstand zum nächsten Objekt als Einheit und vergleicht damit weitere Entfernungen. Den beiden Tatsachen, daß in der Nähe die Entfernung richtig gesehen wird und es eine gewisse größte Entfernung (c) gibt, über die man nicht hinauskommt, genügt er durch Annahme einer möglichst einfachen empirischen Formel, welche die scheinbare Entfernung d' mit d, der wirklichen Entfernung, verbindet, nämlich:

$$d' = \frac{cd}{c + d}.$$

c hängt von den Versuchsumständen ab. Bei Nachtbeobachtungen fand er im ungünstigsten Fall $c = 114$ *m*. Bei Tagesbeobachtungen waren die Werte bedeutend größer: beim Blick über eine weite Ebene $c = 10$ *km*, von einem Bergesgipfel aus sogar $c = 24$ *km* (höchster gefundener Wert). Als scheinbare Gestalt des Himmels bestimmt er so unter weiteren Voraussetzungen eine Höhe von 2 *km* und eine horizontale Entfernung von $10^1/_2$ *km*. — Nach dem früher Gesagten wird man solch hohe Werte unwahrscheinlich finden. Danach müßte bei guter Tagesbeleuchtung ein Mensch in 1 *km* Entfernung fast in natürlicher Größe erscheinen ($^{10}/_{11}$), was mit dem Anschein nicht entfernt stimmt.

Vermutlich ist *v. Sterneck* bei seinem stetigen Übergang von nahen zu fernen Strecken unvermerkt in die geschätzte Größe übergeglitten; ein Fehler, der sehr nahe liegt, weil in allernächster Nähe beide Größen ziemlich zusammenfallen und deshalb eine Verwechslung erlauben. So allein versteht man seine Behauptung, wir würden, wenn wir vom fernen Standpunkt Zeugen einer wirklichen Messung aller in Betracht kommenden Entfernungen wären, diese in natürlicher Größe sehen. Diesem Fehler wird man eher entgehen, wenn man ein entferntes Objekt direkt mit einem nahen Maßstab vergleicht. Schon *Reimann* wandte diese Methode der Sonne gegenüber an, indem er sie mit einer Pappscheibe verglich, von der er sich so weit entfernte, bis scheinbare Gleichheit bestand. Viel eingehender führte *v. Sterneck* die Methode durch: indem er in der Nähe eine Größe herstellt, die der am Himmel gesehenen Größe gleich erscheint. Aus Gesichtswinkel und scheinbarer Größe ergibt sich dann die scheinbare Entfernung und aus einer genügenden Anzahl Entfernungen am Himmel dessen Gestalt. *A. Müller* wendet ein, daß die Vergleichungen verschiedener Gestalten, wie eines Kreises und einer Geraden, am Maßstab nicht genau werden. Das ist richtig, aber bei unsrem Zweck, die Größenordnung festzulegen, vorläufig ohne Bedeutung. *v. Sterneck* erkennt übrigens die wahre Natur der so gemessenen Sehgrößen nicht. Es scheint ihm von vornherein unannehmbar, daß wir die Sonne in einer so kleinen Entfernung sehen sollten. Deshalb sieht er in der gewonnenen Größe eine Hilfsvorstellung. Er nennt sie Referenzfläche, die wir einführen, um die unbequem großen Maße des Himmelsgewölbes leichter vergleichen zu können. Indessen haben uns schon die vorher erwähnten Schätzungen belehrt, daß es sich um die wahre Sehgröße handelt, die ein gleichzeitiges Wissen um den größeren wirklichen Abstand nicht ausschließt. Dazu paßt die Entstehung der Tiefe aus anfänglicher Fläche, die den eigenen Körper berührt; dazu die Täuschungen beim Kind, besonders in ungewohnten Richtungen; dazu der unmittelbare Eindruck, den auch ein Erwachsener beim Betrachten von einem Turm herab von der

Kleinheit der bekannten Gegenstände gewinnt. Von der von *v. Sterneck* behaupteten scheinbaren Größe der Sonne von 100 *m* neben der Hilfsgröße der Referenzfläche ist dagegen nichts zu entdecken. Auch ist die Untersuchungsmethode ja keine andere als die früher zur Feststellung der scheinbaren Größen abgeleiteten. Die Referenzfläche ist also ein entbehrlicher Begriff und fällt mit der Sehfläche und Sehentfernung zusammen.

Für den Sternenhimmel findet er nach seinen Beobachtungen ein Hyperboloid mit dem Verhältnis 1 : 2 zwischen Höhe und Horizontalweite und dessen Vertikalerhebung 12,2 *m* im Zenith. Für den Sonnendurchmesser fand er ein Hyperboloid von 1 : 2,5 mit einer Vertikalerhebung von 10,1 *m*. Für den Wolkenhimmel zeigte sich in einem bestimmten Falle ein Hyperboloid von 1 : 9, das 12,2 *m* hoch, also horizontal sich 109,4 *m* weit weg erstreckte. Da natürlich die Wolken immer vor der Sonne erscheinen müssen, so entsteht beim Sehen von Wolken und Sonne zugleich ein Wettstreit. Über 20° Höhe wird bloß der Wolkenhimmel angenähert; unter 20° dagegen wird die Sehfläche der Sonne so weit hinaus verlegt, bis die Entfernung 60% des Leitstrahles der Sehfläche der Wolken beträgt. Das führt zu den bekannten Vergrößerungen des Sonnendurchmessers beim Auf- oder Untergang. Für den Mond ist das Verhältnis ziemlich verwickelt, aber ebenfalls im einzelnen meßbar (vgl. *v. Sterneck*).

Dieselbe Methode gestattete ihm auch, die Schätzung der Höhenwinkel aufzuklären. Höhenwinkel über der Horizontalebene werden allgemein überschätzt. Nach eigenen Messungen stellt er darüber das Gesetz auf: Die Schätzung der Höhenwinkel findet in der Art statt, als ob die Grade einer Teilung des vom Zenith bis zum Horizont reichenden Bogens des Nachthimmels in 90 gleiche Teile entsprächen. Ähnliches gilt von der Steilheit der Berge: die Abhänge von Bergen erscheinen aus einiger Entfernung gesehen stets viel steiler, als sie in Wirklichkeit sind. Das läßt sich aus der empirischen Formel der scheinbaren Entfernungen ableiten. So ergibt sich, daß in sehr großen Entfernungen die Berge scheinbar vertikal aufsteigen, was eine bekannte Tatsache ist.

Die Messung irdischer Objekte nach diesem Prinzip unternahm schon *Martius*; nach ihm wächst die Vergleichungsgröße, die einer gegebenen bei verschiedener Entfernung gleich erscheint, stetig mit der Entfernung, aber sehr langsam. Ein Stab von 1 *m* in 1/2 *m* Entfernung erschien ihm gleich groß wie ein Stab von 1,1 *m* in 6 *m* Entfernung. *Ph. Schmitt* (Natur und Offenbarung 56 [1910]) findet auch für sie ganz ähnliche Werte wie *v. Sterneck* in seinen sog. Referenzflächen. Stellt man in der Nähe Längen her, die dem gesehenen fernen Haus oder Turm gleich erscheinen, so erhält man eine ganz ähnliche Einschrumpfung des wirklichen Raumes auf einen Sehraum von gewöhnlich weniger als 100 *m*. Das paßt sehr gut zu den scheinbaren Größen am Himmelsgewölbe.

d) Die Theorie der absoluten Größe des Sehraumes ist noch in den Anfängen. Wir kennen einige Ursachen, die in der Richtung der beobachteten Erscheinungen wirken, aber nicht die genaue Stärke ihrer Wirksamkeit und ihr Zusammenwirken für die Gesamterscheinung. Nach der Zusammenstellung von *A. Müller* ist unter anderem auf die Lichtschwächung hinzuweisen, die gegen den Horizont hin in einer Weise erfolgt, die an die Kurven mit zwei Wendepunkten erinnert; außerdem an die besonders von *Filehne* betonte Erfahrung. Nur die nächste Entfernung haben wir durch Abtasten, Abschreiten stets nachgeprüft; dagegen

trat in der vertikalen Richtung die Nachprüfung fast gar nicht in Tätigkeit. Ebenso *Grijns:* Von Kindheit an geht unsere Entfernungsschätzung fast ganz in der Horizontalfläche auf. Dem kleinen Kind scheint der Mensch auf der Galerie der Windmühle so klein, wie es dem Erwachsenen nicht mehr gelingt. Unter Umständen erlebt aber auch noch der letztere außerordentliche Verkleinerungen, besonders beim Herabsehen von der Höhe. — *H. Stücklen* (bei *A. Müller*) prüfte den Einfluß der Bevorzugung der Horizontalen nach, indem er ihn willkürlich schwächte (durch Abdecken, Stehen am hohen Turm) oder stärkte (durch horizontale Leitlinien, wie Alleen, Eisenbahnschienen); in der Tat wurde dadurch die Krümmung entsprechend abgeändert.

Die Rolle der Färbung hatte auch schon *Müller* hervorgehoben, daß nämlich die Vergrößerung mit der Röte der Sonne zunimmt. *Henning* (ZPs II 50) schätzt ihren Betrag außerordentlich hoch ein: Auf einem Gebirgskamm in 50 *km* Entfernung war bei hochstehender Sonne ein Baum überhaupt nicht zu sehen: mit der Annäherung der Sonne an ihn wurde er klarer; steht die rote Sonne hinter ihm, so sieht man sogar die Hauptäste. Die Vergrößerung benachbarter Objekte erstreckt sich so weit wie die rötliche Färbung. Auch sonst werden im roten Lichte die Gegenstände stark vergrößert; so beim Alpenglühen die Felsen, bei roter bengalischer Beleuchtung die Landschaft. Den Grund der Wirkung erblickt *Henning* darin, daß Dunst nur rote Strahlen durchläßt, was das Bild klarer mache. Natürlich hilft diese Erklärung nicht für alles, wie etwa für Sterndistanzen. Auch das subjektive Verhalten spielt eine sehr einflußreiche Rolle. Bei langer Übung kann sich die scheinbare Größe verändern, wie beim Maler. *Bourdon* erschien nach langen Beobachtungen des Mondes dieser nicht mehr wie ein Hut oder Teller, sondern er hatte dann keinen rechten Eindruck seiner scheinbaren Größe mehr. Ähnliches berichtet *Müller,* der deshalb geneigt ist, die Bestimmbarkeit der scheinbaren Größe überhaupt in Zweifel zu ziehen. Auch das Wissen scheint von Einfluß; so täuscht man sich bisweilen über die Größe des Mondes, wenn er plötzlich über der Mauer erscheint, bevor man ihn erkennt.

§ 11. Die Hauptrichtungen im Sehraum.

Literatur. *Stratton* in 3 InCgPs (1896) 193. — Der Streit zwischen *Hyslop* und *Stratton,* in PsR 4, 142 ff. 182 ff., besonders aber *Stratton,* Vision without the inversion of the retinal image, ebd. 342 ff. 463 ff. — *Stern,* Über verlagerte Raumformen, in ZAngPs 2 (1909) 412 ff.

1. Das Entstehen der Hauptrichtungen. Unmittelbar bemerken wir nur diejenigen Objekte, die vor uns im Gesichtsfeld liegen. Dieser gesehene Raum wird aber nach allen Seiten in der Vorstellung ergänzt. Wir haben erfahren, daß wir bei einer Drehung andere Gesichtsobjekte zu Gesicht bekommen, bei Zurückdrehung die früheren Objekte wiedersehen. Auch andere gleichzeitige Sinnesempfindungen helfen mit: Lehne ich rückwärts an eine Wand, so berühre ich sie und bekomme sofort eine deutliche visuelle Vorstellung davon. Den rasselnden Wagen, den ich höre, verlege ich hinaus auf die Straße usw. Operierte Blindgeborene müssen diese richtige Ergänzung anfangs mühsam erlernen, wie der Bericht über den von *Cheselden* Operierten angibt: er könne sich keine Linien außer den unmittelbar gesehenen vorstellen; er könne nicht begreifen, wie das Haus größer aussehen könne als das Zimmer, das schon sein ganzes Gesichtsfeld erfülle.

In dem so gebildeten Sehraum unterscheiden wir nun gewisse Hauptrichtungen: oben, unten, vorn, hinten, rechts, links. Vorn heißt uns, was wir direkt sehen,

hinten. was wir bei einer gewissen Drehung sehen würden. Ähnlich ist es mit rechts und links, das ebenfalls mit der Körperlage bestimmt ist und mit ihr beständig wechselt. Diese Hauptrichtungen werden nach *G. E. Müller* (Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit usw. II § 60) vom Standpunkt-System aus gerechnet. Denn in Rückenlage unter einem Baum sieht man die Zweige oben, nicht vorn, bezeichnet den Vogelflug von vorn nach hinten gehend, wenn er von den Füßen über den Kopf her geht: urteilt also, als ob man sich aufgerichtet hätte. Allerdings wird die Bezeichnung schon unklar, wenn man auf der Seite liegt, wo man vorn und hinten auf Brust und Rücken bezieht. Wenn der Blick länger nach rechts geht, stumpfen sich die Muskelempfindungen ab und geht die Mittelebene teilweise mit. Dem Erwachsenen ist es schwierig, auf dem Kopf stehende oder Spiegelschrift zu lesen, aus einer verkehrt gehaltenen Gruppenphotographie die bekannten Gesichter wiederzuerkennen. *Rud. Prantl* (ZPs 82 [1919]): Beim Lesen in gewöhnlicher Lage kommt auf den Buchstaben zur Erkennung etwa 52 σ; wird die Schrift schief gestellt, so steigt die Lesezeit anfangs langsam an, von 75^{0} Neigung an schneller, hat zwei Höchstwerte bei 150^{0} und 210^{0}, wobei die Erkennungszeit etwa das Vierfache geworden ist. Man ist beim Lesen dann mehr auf Buchstabieren angewiesen, bis man aus dem Gefundenen das Fehlende erraten kann. Kinder haben diese strenge Zuordnung noch nicht. Sie schreiben oft Zahlen in andern Lagen, ohne es zu merken. *Stern* ließ ein Kind ein Segelschiff aus dem Gedächtnis zeichnen, erst aufrecht, dann auf dem Kopf stehend, dann umgekippt. Es ging fast überall gleich schnell, ohne daß die unsymmetrischen Elemente störten. Ähnliches berichtet schon *Preyer*. Dem Knaben von $1^1/_2$ Jahren macht es beim Blättern im Bilderbuch nicht viel aus, die Bilder verkehrt zu sehen. Beim Lesenlernen ist anfangs die Orientierung ziemlich gleichgültig. Übrigens gewöhnt auch der Erwachsene sich schnell an die Umkehrung unter dem Mikroskop. Ebenso fallen die Eindrücke der anormalen Lage weg, wenn man sich in den Inhalt der Zeichnung versetzt.

Der Grund des Unterschiedes ist nach *Jaensch*, daß die Kinder nur einen geringeren Bezirk überschauen als der Erwachsene, nämlich die Zeichnung für sich, noch nicht deren Lage zum eigenen Körper und seine Stellung. Das erste ist sofort vorhanden. die nativistische Formauffassung. Dagegen ist die Gewinnung der Hauptrichtungen des Raumes, der Raumlage des eigenen Körpers darin und die Anknüpfung von alledem an das gesehene Objekt eine Sache längerer Erfahrung.

2. Der Gegensatz von oben und unten wurde ein Rätsel, als man entdeckte, daß unser Auge eine Linse ist, die auf der Netzhaut ein umgekehrtes Bild der Außenwelt entwirft. Man fragte sich, wie die Seele aus diesem umgekehrten Bilde in der Wahrnehmung die aufrechte Außenwelt mache.

Die Wiederumkehrungstheorie antwortete, das Netzhautbild werde auf dem Wege zum Gehirn zum zweiten Mal umgekehrt; als ob dann nicht die ähnliche Schwierigkeit bliebe, wie aus diesem verkleinerten Bild im Gehirn ein vergrößertes Bild im Außenraum entstehe. Andere dachten an eine Projektion in physikalischem Sinne: Die Strahlen kehren von der Netzhaut, auf die sie eingefallen, wieder nach außen zurück (wie ja die Benutzung des Augenspiegels beweist), so daß sie sich wieder mit dem Außenobjekt decken. Es wird also die Umkehrung wieder gut gemacht und sogar die natürliche Größe der Objekte erreicht. Man hat sich berufen auf die Benutzung eines Stabes im Dunkeln, um die Außenobjekte auf ihre Lage und Entfernung zu betasten. Aber es ist leicht zu sehen, daß das eine Scheinlösung ist. Das Abtasten mit dem Stock setzt voraus, daß ich weiß, wie lang der Stock ist und in welcher Richtung er eben gehalten wird, und vor allem, daß der Gegendruck des damit berührten Objektes durch die starre Substanz des Stockes zurückwirkt, um

dann erst zur Erkenntnis der Entfernung verarbeitet zu werden. Beim Lichtstrahl fehlen diese Vorbedingungen sämtlich. Das Unternehmen, mit ihm das Objekt abzutasten, ist genau von derselben Art wie der Versuch, im Dunkeln durch die Wasserstrahlen einer Gießkanne, die man in der Hand hält, die Formen der Blumen erkennen und lokalisieren zu wollen, die man begießt.

Andere redeten von einer Korrektur, die das Gesichtsbild durch den Tastsinn erfahre, da uns letzterer das aufrechtstehende Objekt in seiner natürlichen Größe gebe. So gelegentlich noch *Helmholtz*.

Die heute herrschende Erklärung dagegen leugnet jeden Zusammenhang des aufrechten Sehens mit der objektiven Lage des Bildes auf der Netzhaut. Oben und unten sind nicht mit der ersten Erfahrung gegeben, sondern die räumliche Anschauung entwickelt sich, wie noch zu begründen ist, indem das anfängliche Flächenbild in die verschiedenen Tiefen gewissermaßen auseinandergezogen, die Teile des eigenen Körpers in ihren Entfernungsverhältnissen zu den übrigen Objekten gesehen werden. Erst dann unterscheiden wir oben und unten, indem wir als oben die Richtung bezeichnen, in der unser Kopf sich erhebt, die Richtung des Himmels usw., als unten die Richtung des Fußbodens, nach der die Körper fallen usw. Die Unterscheidung des Oben und Unten wie die ganze Entwicklung des Raumbildes hat mit der verkehrten Stellung des Netzhautbildes gar nichts zu tun.

Die Schwierigkeit konnte nur durch die unklare Annahme entstehen, daß das Netzhautbild in seiner umgekehrten Lage, d. h. in seinem Lageverhältnis zu den Außendingen, irgendwie bewußt werde. Nun ist uns das Netzhautbild als solches nicht bewußt, sondern einzig und allein im Erkenntnisbild die Gesamtheit der Objekte in ihren gegenseitigen Verhältnissen. Überhaupt sind die in der Gesichtswahrnehmung gebotene Welt und die wirkliche Körperwelt Dinge, die nicht direkt vergleichbar sind. Wir nennen das Gesichtsbild der Welt adäquat, genau, richtig, wenn die Beziehung zwischen den (empfundenen und vorgestellten) Gesichtsobjekten dieselbe ist wie die zwischen den Körpern untereinander. Der Gesamtheit des Gesehenen dagegen kann das Prädikat aufrecht oder umgekehrt zunächst nicht zukommen. Nur ein Teil der Gesichtsobjekte kann so heißen im Verhältnis zu einem andern Teil, wie wir gleich sehen werden.

3. Die Experimente *Strattons* und ihre Folgerungen.

Nach der gegebenen Erklärung ist die Lage des Netzhautbildes gleichgültig. Wir würden mit von Anfang an aufrechtem Netzhautbild gerade so gut aufrecht sehen wie jetzt. *Stratton* prüfte diese Folgerung durch ein Experiment. Er hielt ein Auge abgeschlossen und brachte vor dem andern eine Linsenkombination an, welche das Weltbild umkehrte, das Netzhautbild aufrecht machte. Indem er diesen Versuch eine Reihe von Tagen fortsetzte, gelang es ihm schließlich, zu einem mehr oder weniger vollkommenen aufrechten Sehen trotz aufrechten Netzhautbildes zu kommen. Das erste Experiment dauerte $2^1/_2$ Tage.

Wir berichten sofort über das zweite Experiment, das er 8 Tage lang (im ganzen 87 Stunden) fortsetzte. Vom ersten Tage wird unter anderem berichtet: Die ganze Szene erscheint umgekehrt, mehr Bild als reelles Objekt. Bei Kopfbewegung wurde die Bewegung nicht, wie normal, auf den Beobachter allein bezogen, sondern außerdem auf die Objekte. Das Gesichtsobjekt schien sich schneller

zu bewegen als der Körper, aber in derselben Richtung; es flieht vor dem Blick. Die Bewegungen unter Führung des Auges sind ungeschickt, am Anfang falsch, müssen gehemmt und allmählich richtig geleitet werden. Die gesehene Szene wird nicht nach den Seiten hin richtig ergänzt, sondern dort in der alten Weise fortgeführt. Oft wurden selbst gesehene Glieder in der alten Weise vorgestellt, besonders sofort wenn die Augen geschlossen wurden. Berührung, Temperatur, Schall werden in der alten Weise lokalisiert. Eine erwartete Berührung mit äußeren Objekten wird in der alten Weise vorausgesehen. Beim Gehen unter der Lampe her wurde ein Anstoßen an Knie und Hals gefürchtet.

Die Entwicklung der folgenden Tage ging, zusammengefaßt, so voran: Der allgemeine Eindruck der Umgebung war am Anfang, daß die Szene umgekehrt sei, der Körper wird als aufrecht betrachtet; beim Spazierengehen werden die Objekte schlecht erkannt. Das ändert sich schnell. Am vierten Tage erscheint beim Spaziergang der eigene Körper umgekehrt, die Landschaft aufrecht. Später herrscht volle Realität der Szene, kein Widerspruch in irgend etwas. Ja zuletzt gelingt die alte Anschauung der Dinge beim Spaziergang nicht mehr; es war dann alles aufrecht. Die Bewegungen passen sich allmählich den gesehenen Objekten an. Länger wird links und rechts noch verwechselt. Schließlich ist nur noch die Stärke der Bewegung oft nicht ganz richtig. Am fünften Tage kann *Stratten* bei offenen Türen durch das Haus gehen, ohne die Hand vorzuhalten. Besonders bei aktiven Bewegungen tritt die neue Lokalisation stärker hervor und wird schließlich als realer gefühlt wie die alte.

Am langsamsten und unvollständigsten geht der Umlernungsprozeß bei den Gliedern des eigenen Körpers vor sich. Sehr bald wird zwar die Berührung mit den Außenobjekten in richtiger Weise erwartet. Arme und Beine, die gesehen werden, werden allmählich ebenda gefühlt, wo gesehen. Werden sie dagegen berührt, ohne gesehen zu werden, so tritt am sechsten Tage noch alte und neue Lokalisation nebeneinander auf. Schließlich kann bei einem betrachteten Gliede die alte Lage nur mit Anstrengung vorgestellt werden; sofort aber kehrt sie wieder, wenn man wegsieht. Körperteile, die nicht gesehen werden können, werden bis zuletzt in der alten Weise lokalisiert, so Stirn und Haare. Nur wenn man die Hand zu ihnen hingehen sieht, tritt die neue Lokalisation für sie ein. Am hartnäckigsten erwiesen sich die Empfindungen der Lippen, die nur, wenn Stirn und Haare erst richtig lokalisiert waren, auf die andere Seite „getrieben“ werden konnten.

Nach dem Ablegen der Linse trat zuerst ein verwirrendes Aussehen der Szene ein, das mehrere Stunden dauerte; es war aber nicht das Gefühl, daß die Dinge umgekehrt seien. Bei Kopfbewegungen schienen die Dinge hin und her zu schwingen, was auch stundenlang andauerte. Häufig wurden unpassende Bewegungen ausgeführt. Oft kam die Hand von einer unerwarteten Seite ins Gesichtsfeld herein.

4. Zu erklären ist hier die Erscheinung des Umgekehrtseins am Anfang, und die Wiederumkehrung, welche, wenn auch nicht vollkommen gelungen, doch teilweise schon vollzogen war.

Die Erscheinung des umgekehrten Sehens ist offenbar nicht ein Widerstreit im Gesichtsbild; alles Gesehene ist untereinander richtig geordnet. Der Widerspruch besteht zwischen der äußerlich gesehenen und der innerlich vorgestellten Welt, sowohl im Gesichtssinn als im Tastsinn. Neben dem Ausschnitt der Welt, der direkt gesehen wird, tritt aus der Erfahrung, besonders dort, wo man nichts sieht, die Lage der vorgestellten Welt auf.

So erscheint besonders der eigene Körper, der der Hauptsache nach bloß vorgestellt wird, in umgekehrter Lage zur gesehenen Außenwelt. Nur der Widerstreit im Gesichtssinn ist das eigentliche Umgekehrt-Sehen (*G. E. Müller*). Der Klarheit halber können wir in diesem Widerstreit mehrere Glieder unterscheiden.

a) Die gesehene Außenwelt steht in Gegensatz zu der am selben Orte vorgestellten Außenwelt. In der jahrelangen Erfahrung hat sich allmählich eine starke (physiologische) Assoziation gebildet zwischen der objektiven Lage des Bildes auf der Netzhaut (die nicht in meiner Vorstellung ist) und der Vorstellung von aufrecht oder umgekehrt. Ist ein Mensch auf meiner Netzhaut so abgebildet, daß sein Kopf oben auf derselben, die Füße unten ihr Bild haben, so war es nach der Erfahrung immer, wenn wir beide eine entgegengesetzte Richtung einnahmen, einer von beiden auf dem Kopfe stand. Also wird auch jetzt dieser Eindruck auftreten. Ob ich mich selbst auf dem Kopfe stehend vorstelle oder die Welt (und dann diese wie ein Bild), wird von den Nebenumständen abhängen, z. B. letzteres etwa, wenn ich beim Stehen meine normale Lage fühle. Deshalb werden mich am Anfange die Objekte fremdartig anmuten, mehr wie eine Art Bild. Um sie zu verstehen, kehre ich sie in der Vorstellung erst wieder um.

b) Während im vorigen Fall die stärkere neue Empfindung der schwächeren alten Vorstellung gegenübersteht, die leichter zurückgedrängt werden kann, ist viel störender ein zweiter visueller Widerstreit: die Schwierigkeit, den gesehenen Raum über die Grenzen des Gesichtsfeldes hinaus entsprechend zu ergänzen. Jenseits des Ausschnittes der Welt, den ich direkt sehe, bietet mir die Erinnerung die andern Objekte in der alten Lage. Das fügt sich nicht mit dem Gesehenen zu einem Gesamtbild zusammen. Es macht den Eindruck noch deutlicher, daß ich eigentlich ein Trugbild sehe, das einen Teil der vorgestellten richtigen Welt verdeckt.

c) Dazu kommt noch, was *Stratton* mehr betont, der Gegensatz zwischen Tastwahrnehmung und Gesichtswahrnehmung. Das betrifft besonders den eigenen Körper. Ich sehe im umgekehrten Weltbild meine Füße den Fußboden oben berühren und fühle sie gleichzeitig noch in der alten Weise unten, habe also eine doppelte, widersprechende Lokalisation. Besonders empfindlich ist der Gegensatz zur neuen Anschauung bei denjenigen Körperteilen, die nicht direkt gesehen werden, wo die Verdrängung der alten Vorstellung durch eine neue Vorstellung geschehen muß.

Die Wiederaufrichtung besteht also darin, daß die alten Assoziationen zurücktreten und durch neue ersetzt werden, wobei anfangs beide zugleich auftreten, später die neue immer stärker wird. Die untere Gegend der Netzhaut muß das Zeichen für unten werden. Die Experimente haben gezeigt, daß dieses nicht so einfach, sondern ein langwieriger Prozeß ist. Verhältnismäßig leicht ist es, die alten Vorstellungen zu vernachlässigen, welche mit dem gesehenen Weltbild in Widerstreit geraten würden. Die Empfindung siegt durch ihre Stärke leicht. Dagegen ist die passende Ergänzung der Umgebung des direkt Gesehenen eine langwierige Bemühung, da neue Vorstellungen zu gewinnen sind, die schnell genug auftreten, um die alten zu verdrängen. Hiervon konnte das Experiment nur einen Anfang bieten und die Möglichkeit zeigen. Am schwersten ist die Ersetzung der alten Vorstellungsweise bei den nicht gesehenen Teilen des eigenen Körpers. Aber daß auch dieses möglich ist trotz der starken gegenteiligen Assoziationen, ist genügend gezeigt worden.

Seien in den nebenstehenden Figuren die Zahlen 1 bis 6 die Reihenfolge der gesehenen Objekte von unten nach oben, dann ist der Ausschnitt aus dem Gesichtsfeld durch die umkehrende Linse so, wie ihn der Inhalt des Winkels in Fig. 54 a

zeigt: 2 erscheint oben, 4 unten, also in ungewohnter Stellung. Ferner stelle ich mir draußen an 2 angrenzend 5 vor usw. Wenn ich nun den Blick erhebe (Fig. b), erwarte ich von früher, daß oben 5 eintritt, nach unten 2 verschwindet. Statt dessen erscheint 5 von unten und geht 2 oben hinaus: dem Anschein nach fliehen die Objekte 3 und 4 vor dem Blicke.

Die Wiederaufrichtung besteht in einer Umkehrung der Assoziationen: ich muß lernen, mit dem „oben Erscheinenden" nun die Vorstellung „unten" innig zu verbinden, und umgekehrt: also 2 ist unten, 4 ist oben. Ferner muß außer dem Gesichtsfeld an das „unten" liegende 2 das benachbarte 1 angrenzend vorgestellt werden, an das oben liegende 4 ebenso das weiter oben liegende 5 (siehe Fig. c). — Wenn

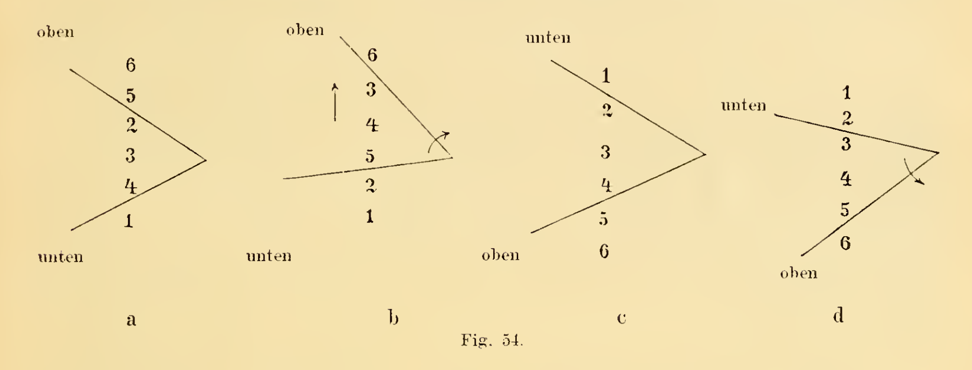


Fig. 54.

ich daher in der Richtung 4 mit dem Blicke weitergehe, d. h. nach oben blicke (was für den Tastsinn dieselbe Empfindung bedeutet wie früher, für den Gesichtssinn dagegen die entgegengesetzte Richtung ist), so erwarte ich, das dem 4 benachbarte, noch weiter oben befindliche 5 zu sehen, d. h. ich erwarte wieder richtig; die Objekte scheinen sich nicht mehr zu bewegen, sondern die Bewegung wird dem Blick zugeschrieben (Fig. d).

Die Erziehung ist vollendet, wenn zu dem wirklich Gesehenen alles in der Vorstellung Gesehene (fremde Körper) oder innerlich Gesehene und Gefühlte (eigener Körper) entsprechend ergänzt wird. Dann ist wieder die Beziehung zwischen den äußerlich und innerlich gesehenen Dingen so wie zwischen den objektiven Dingen selbst: das Aufrechtsehen.

§ 12. Die Sehgrößentäuschungen.

Literatur. Neben *Jaensch: Malte Jacobsson,* Über die Erkennbarkeit optischer Figuren bei gleichem Netzhautbild und verschiedener scheinbarer Größe, in ZPs 77 (1917) 1 ff. — *Eino Kaila,* Eine neue Theorie des *Aubert-Förster*schen Phänomens, in ZPs 86 (1921) 193 ff.

1. Scheinbare Größe und Empfindungsveränderungen.

a) Die Beeinflussung der Sehschärfe. Das *Aubert-Förster*sche Phänomen. *Aubert* und *Förster* machten folgenden Versuch: Bei Beleuchtung durch einen elektrischen Funken sollten die dadurch erkannten Buchstaben und Zahlen auf einem Bogen angegeben werden. Wurden verschieden große Buchstaben geboten in Entfernungen, die ihrer Größe proportional waren, so daß also dieselbe Größe des Netzhautbildes entstand, so fand sich auffallenderweise, daß trotz gleichen Gesichtswinkels dem Auge nahe liegende Zeichen auf einem größeren Teil der Netzhaut erkannt wurden als fernliegende. Ähnliches ergab ein zweiter *Aubert*scher Versuch: Ein Sehobjekt, bestehend aus zwei schwarzen Quadraten auf weißem Grund mit einem Abstand zwischen den Quadraten, wird von der Peripherie her dem

Zentrum des Gesichtsfeldes genähert, bis die Quadrate eben voneinander unterschieden werden können. Wieder werden solche Sehobjekte in verschiedenen Entfernungen und Größen dargeboten, so daß sie immer die gleiche Netzhautbildgröße ausmachten. Abermals fand sich das Gesetz: Die objektiv großen fernen Objekte konnten erst bei einem kleineren Winkelabstand vom Zentrum voneinander getrennt werden als die kleineren nahen. — *Jaensch* bestätigte die Ergebnisse bei mannigfachen Abänderungen; nur bei augenblicklicher Beobachtung war die Unterscheidung der Quadrate im indirekten Sehen nicht sicher benachteiligt. Ebenso findet *Jacobsson* im ganzen die kleinen nahen Figuren leichter zu erfassen als die großen fernen.

Die Mikropsie durch Konkavlinse:

Wenn man durch ein Konkavglas sieht, nimmt die scheinbare Größe der Objekte ab, und zwar erheblich mehr, als der objektiven Linsenwirkung entspricht. Es sieht aus, als hätten sich die Objekte verdoppelt. Auch ist das Aussehen der Objekte verändert. Bei bloßem Auge erscheint es skizzenhaft, bei Betrachtung mit Konkavglas wie mit Einzelheiten erfüllt. Nach *Kaila* beträgt die physikalische Verkleinerung (Mikropsie) bei einem Konkavglas von 3 Dioptrien etwa $^1/_{13}$. Dagegen geht die Gesichtsfelderweiterung auf das Doppelte; die Verkleinerung ist wesentlich stärker, und zwar nur bei einäugigem Betrachten, nicht bei zweiäugigem. *Isakowitz* erklärt die Verkleinerung: Durch das Glas wird das Objekt zunächst undeutlich gesehen; es werden Einstellungsbewegungen gemacht, unter denen nur die in die Nähe erfolgreich sind und das Objekt wieder in die Kernfläche bringen. Das führt zur Verkleinerung der vorgestellten Größe.

Die Mikropsieversuche haben mit den *Aubert*schen etwas Gemeinsames: Beide Male findet mit der Herabsetzung der scheinbaren Größe eine Erweiterung des Gesichtsfeldes statt. Bei beiden Versuchen ist die Aufmerksamkeit sehr energisch dem Fixierpunkt zugewendet, sonst bleibt die Erscheinung aus. Also bei größerem scheinbarem Abstand zwischen Fixierpunkt und Prüfungsobjekt vermögen wir nicht mehr alles zugleich deutlich zu sehen. Deshalb müssen wir dann die Prüfungsobjekte näher an den Fixierpunkt heranbringen, um die getrennten Quadrate zu erkennen. Bei der Linsenmikropsie tritt der Unterschied in der Größe des auf einmal übersehenen Bezirks sehr deutlich hervor, der Unterschied in der Sehschärfe dagegen nicht. Mit Linsen kann man eben nicht so große Unterschiede der scheinbaren Größe hervorbringen wie durch wirkliche verschiedene Entfernungen.

b) Die Beeinflussung der Farben durch Mikropsie: das *Koster*sche Gesetz. Bei Mikropsie zeigen sich auch Farbenverschiedenheiten, eine Helligkeitsdifferenz erscheint dann vergrößert. Nur darf die Aufmerksamkeit nirgendwo haften, sondern muß über das Feld schweifen. Zahlenangaben ließen sich aber nie erreichen, obwohl der Beobachter sicher war, die Veränderung vorher wahrgenommen zu haben. Eine glänzende Münze scheint bei Mikropsie stark an Glanz zuzunehmen. Der Versuch, das durch Änderung der Beleuchtung nachzumachen, blieb unbefriedigend. Bei Betrachtung einer Gruppe von Gegenständen unter Mikropsie herrscht der Eindruck, daß alles Helle noch heller, alles Dunkle noch dunkler werde; es sieht aus, als brenne die Lampe dann heller. Nach *Kaila* tritt der Unterschied der Färbung im peripher Gesehenen auf, nicht so stark im zentralen. Ähnliche Angaben sind schon früher gemacht worden. Nach *Emmert* zeigt sich bei Atropineinwirkung auf das Auge keine Vergrößerung des Gesichtsfeldes am Perimeter, aber das erscheinende Objekt schien sofort deutlicher und heller. Am genauesten sind die Untersuchungen von *Koster* (1896), der die physikalischen Er-

klärungen (Pupillenveränderung, Änderung der Netzhautbildgröße) ausschloß. Auch nach ihm wird das scheinbar verkleinerte Objekt heller, oder wenn schwarz, dunkler, das scheinbar vergrößerte dagegen schwächer beleuchtet. Er bemerkt auch schon, daß die Erscheinung individuell verschieden ist.

Es scheint im Grunde dieselbe Tatsache zu sein, welche das *Aubert-Förster*sche Gesetz (A.-F. G.) und das *Koster*sche Gesetz (K. G.) ausspricht. Denken wir uns, daß die Mikropsie immer mehr gesteigert würde, so würden wir anfangs zwar dieselben Einstellungen am Perimeter erhalten (*Emmert*), aber wenn das Objekt erscheint, ist es sofort deutlicher. Wenn das weitergeht, müßte wohl ein Punkt kommen, wo auch an einer periphereren Stelle die Getrenntheit der Quadrate erkannt würde, d. h. wir hätten das A.-F. G. Der Anschein der stärkeren Beleuchtung beim K. G. erklärt sich durch Assoziation. Gewöhnlich wird ja durch bessere Beleuchtung die Helligkeitsdifferenz der Objekte stärker.

2. Anwendung der Gesetze.

a) Der Zweikomponentensatz. Das A.-F. G. zeigt, daß wir bei der Wahrnehmung zwei Komponenten zu unterscheiden haben, eine periphere, die auf dem Netzhautbild beruht, und eine zentrale, eine Verarbeitung, welche die scheinbare Entfernung berücksichtigt. Auf eine Beeinträchtigung der zentralen Komponente läßt sich nun, wie *Jaensch* zeigt, manche krankhafte Störung zurückführen. So vor allem die bei Hysterischen häufige konzentrische Gesichtsfeldeinengung ohne Orientierungsstörung.

Kranke mit organisch bedingter Gesichtsfeldeinengung können sich kaum auf der Straße bewegen, müssen beständig umherblicken, schon bei einem Gesichtsfeld von noch 15°. Dagegen können Hysterische mit bloß 5° Gesichtsfeld ohne Schwierigkeit Ball spielen wie Gesunde. Die primäre Störung der Hysterischen besteht nur darin, daß sie gleichzeitig nur einen kleinen Teil des Gesichtsfeldes deutlich übersehen; beim Perimeter darf der Kranke den Fixierpunkt nicht aus den Augen verlieren und versagt deshalb. Bei der freien Bewegung wandert unsere Aufmerksamkeit beständig. Hier ist deshalb der Hysterische so geschickt wie der Gesunde.

Wollenberg fand: Wenn man an einer Tafel bei Hysterischen das Gesichtsfeld aufnimmt und nun die Entfernung vergrößert, so läßt sich zwar meist beobachten, daß das Gesichtsfeld (absolut, nicht in Winkelwert) anwächst, wenn auch nicht in gleichem Verhältnis wie die Entfernung. In einigen Fällen aber bleiben die Grenzen unverändert (das röhrenförmige Gesichtsfeld). — Das ist nichts anderes als eine bedeutende Steigerung des A.-F. G. Wahrscheinlich würde beim Normalen für das bloße Bemerken eines Objektes an der Peripherie das A.-F. G. nicht gelten, weil dieser Vorgang zu grob und eindringlich ist; erst beim feineren Verfahren der zwei getrennten Quadrate tritt es auf. Der Kranke reagiert also hier schon auf die gröbste Prüfung. — Durch diese Unterscheidung der beiden Komponenten erfahren auch manche andere Erscheinungen, wie Hemianopsie, hysterische Blindheit usw., Aufklärung, wie *Jaensch* eingehend zeigt.

Die Sehschärfe ist mithin von zwei Bedingungen abhängig; die zweite, zentrale Komponente zeigt sich auch beim Normalen, bei vergleichender Prüfung des Gesichtsfeldes in der Nähe und Ferne, wo sie bei zu großer Leistung in der Ferne versagt. Viele pathologische Tatsachen legen die Vermutung nahe, daß die Sehsubstanz als Ganzes tätig ist, daß sie auf eine Schädigung mit einer Beeinträchtigung der Leistung des Überschauens antwortet.

b) Das physiologische Substrat der Sehgröße. Es besteht also ein Unvermögen der Netzhaut, einer zu großen scheinbaren Größe zu folgen. Offenbar kann zu gleicher Zeit nur eine begrenzte Zahl von Reizen verwertet werden. Bekanntlich stören sich gleichzeitige motorische und sensorische Prozesse. Dieselben Nebenwirkungen zeigen sich auch bei zu großer scheinbarer Größe. Die nächste Annahme wäre nach *Jaensch,* daß zu jedem Netzhautpunkt eine Reihe von Zuleitungswegen nach der Hirnrinde gehört, wovon um so mehr in Tätigkeit treten, je größer die scheinbare Größe des Sehfeldes ist. Die physiologische Leistungshöhe der zentralen Sehsubstanz bemißt sich wahrscheinlich nach der Größe des Bezirkes, der gleichzeitig deutlich gesehen werden kann. Erkrankung irgend welcher Art führt zu einer Abnahme desselben. *Kaila* wendet gegen die Erklärung der geringeren Eindringlichkeit aus der Verbreitung der Erregung auf eine größere zentrale Fläche ein: das müßte dann ebenso für das zentrale Sehen gelten, dort ebenso die Eindringlichkeit herabdrücken wie in der Peripherie, was nicht der Fall ist. Er selbst bevorzugt eine Hemmungstheorie: Ein Netzhautbild ruft bei gleicher Winkelgröße mehr Reproduktionen hervor, wenn das Objekt ferner liegt, da es sich dann um mehr Gegenstände handelt. Das bewirkt eine Hemmung, die am meisten die schwächsten, d. h. die peripheren Empfindungen trifft. Das erklärt auch, warum bei Augenblicksdarbietung die Begünstigung der nahen kleinen Objekte zurückgeht, da dann die Wirksamkeit der Reproduktionen versagt.

3. Die Mikropsie- und Makropsietäuschungen im allgemeinen. Die Vergrößerung des Netzhautbildes kann auf einer wirklichen Vergrößerung des Objektes beruhen oder aber auf einer Annäherung. Häufig entscheiden Erfahrungseinflüsse zwischen beiden Möglichkeiten. Ein Fernrohr vergrößert den Mond; aber für manche Personen erscheint er dann nicht so sehr größer als näher und heller. Im Theater bringt das Opernglas die Bühne näher, macht die gesehenen Personen nicht größer. — Die zunehmende Akkommodation des Auges ist nach der Erfahrung mit der Annäherung des Objektes verbunden, sie wird deshalb gewöhnlich daraufhin gedeutet. Atropin lähmt die Akkommodationsmuskeln; zum Akkommodieren auf ein nahes Objekt braucht es nun eine viel größere Anstrengung. Diese Anstrengung würde sonst sehr große Nähe bedeuten und ein sehr großes Netzhautbild im Gefolge haben. Da das Netzhautbild des bekannten Objektes aber nicht viel größer geworden ist, kommt uns das Objekt jetzt eher kleiner geworden vor (Mikropsie). Wenn das Objekt unbekannt ist, erscheint es zugleich näher, wie zu erwarten; wenn dagegen seine Größe bekannt ist, ferner (worüber gleich). Nach *Kaila* zeigt sich die Mikropsie bei Atropin nur für einäugige Betrachtung, und eigentlich nur, wenn man einen nahen Gegenstand fixiert, nicht dagegen, wenn man auf der Straße wandert und die Gegenstände aus größerer Entfernung betrachtet.

Das Fernersehen kleiner erscheinender bekannter Objekte erklärt *Förster* als „sekundäre Urteilstäuschung“. Auf Grund der Erfahrung wissen wir, daß ein bekanntes Objekt uns dann kleiner erscheint, wenn es viel ferner ist. Man hat gesagt, das Objekt wird eigentlich ferner empfunden und nur näher beurteilt. Sei *a b* (Fig. 55) die wirkliche Größe, und werde dieselbe, wie vorher erklärt, bei Mikropsie verkleinert gesehen, etwa $= cd$, so müßte wegen Gleichheit des Gesichtswinkels im allgemeinen die Entfernung kleiner erscheinen: die primäre Urteilsweise. Ist nun *a b* ein Objekt von bekannter Größe, so liegt es nahe, wenn man von der scheinbaren Entfernung keine sehr klare Anschauung hat, sich vorzustellen, es erscheine deshalb so klein, weil es in zu großer Entfernung gesehen wird. Läge nämlich *a b*

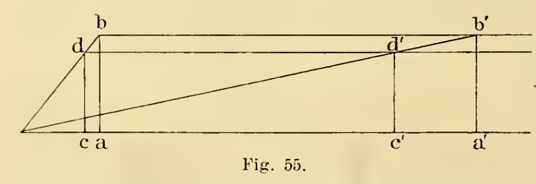


Fig. 55.

sehr weit entfernt, etwa in *a' b'*, so würde es nicht mehr in natürlicher Entfernung und Größe gesehen (§ 10), sondern in kleinerer, etwa in *c' d'*.

Jaensch glaubt, daß diese Lehre vom eindeutigen Zusammenhang zwischen scheinbarer Entfernung und Größe auch für die Empfindung nicht notwendig sei. Es gelang ihm, ein Objekt deutlich kleiner erscheinen zu lassen, während zugleich auf Grund vergrößerter Disparation seine Entfernung deutlich größer erscheint, und zwar in der Empfindung. Daraus folgert er, daß die scheinbare Verkleinerung unmittelbar an den Konvergenzimpuls geknüpft ist. Dieser Beweis wird von andern bestritten. Nach *Helmholtz* erscheint beim Telestereoskop der gesehene ferne Gegenstand eher wie ein Modell; alles sehe dann verkleinert und genähert aus; ähnlich *Mach* und *Pulfrich*. Die wenigen Gegenversuche von *Jaensch* scheinen das nicht widerlegen zu können (*Blumenfeld*).

Weiter führt *Jaensch* an: Der Zusammenhang von scheinbarer Größe und Entfernung zeigt sich häufig sehr wenig bestimmt: Stellt man im Haploskop ein Fadenprisma ein und verändert die Konvergenz, so erfahren Höhe, Breite und Tiefe Größenveränderungen. Hierbei besteht hinsichtlich der Entfernung des Ganzen große Unsicherheit; dagegen ist die Sicherheit, mit der alle Urteile über relative Abstände der Fäden in allen drei Dimensionen gegeben werden, sehr groß. Eigene Versuche über die Bedingungen der Mikropsie ergaben ihm, daß der Erfolg in hohem Grade von dem verschiedenen Verhalten der Aufmerksamkeit abhängt: Alle Umstände, durch welche die Aufmerksamkeit auf die Zwischenstrecke gerichtet wird, begünstigen die primäre Urteilsweise (d. h. die Verbindung von kleiner und näher, größer und ferner); alle Bedingungen, welche eine einseitige Aufmerksamkeitskonzentration auf das Objekt selbst hervorrufen, begünstigen die sekundäre Urteilsweise (die Verbindung kleiner und ferner).

Eine andere Art Mikropsie beschreibt *Marzynski* (PsFo 1 [1921]): Steht man 20 *cm* vor einem runden Feld, das mit einem Schachbrettmuster bedeckt ist (3 *cm* Seitenlänge), fixiert die Mitte und tritt dann etwas zurück, so scheint die Gesamtfigur größer zu werden. Bei einem weißen Kreis war die Erscheinung schwächer, bei einer Figur mit vielen Einzelheiten wieder stärker. Geht man von ganz nahe langsam zurück, so ist der Verlauf der Erscheinung: Anfangs tritt eine Schrumpfung ein, dann kommt ein Umschlag in eine wachsende Vergrößerung, im ganzen um $^1/_4$—$^1/_2$; dann kommt wieder ein Umschlag mit Schrumpfung. Ist die Kreisfläche größer, so beginnt und endet die Hauptstrecke der Vergrößerung später: bei einem Kreis von 15 *cm* zwischen 11—25 *cm*, bei einem Kreis von 60 *cm* zwischen 48 und 104 *cm* Entfernung (also proportional). Es machte keinen sicheren Unterschied, ob sich der Beobachter von der Fläche entfernte oder sie von ihm entfernt wurde; ebenso nicht, ob ein- oder zweiäugig beobachtet wurde. *Marzynski* vermutet, daß die Ausbreitung des sichtbaren Umfeldes durch die Entfernung auf die scheinbare Größe der Figur angleichend wirke. — Viel auffallender sind die pathologischen Verstärkungen dieser Täuschungen, die *Higier* (Neurolog. Zentralblatt 35 [1916]) sammelt. Ein Kranker sieht in einem Anfall die Gegenstände langsam (während einiger Sekunden bis zu 2') kleiner und ferner werden. Die Zimmerdecke und der Boden scheinen ihm dabei nie so weit entfernt wie die Gegenstände geradeaus. Der vorgestreckte Fuß scheint ihm ungeheuer groß zu sein und rasend schnell bewegt, was auch bei geschlossenen Augen bleibt. Ein Kranker von *Veraguth* muß aufhören zu schreiben, weil ihm die Bewegung der Hand riesige Größe und rasende Schnelligkeit zu haben scheint. Die eigenen Füße scheinen ihm mehrere Meter lang. In einem anderen bestand auf einem Auge Mikropsie, auf dem anderen Makropsie, auf beiden zugleich normales Sehen. Ein anderer hat die Störung nur in der Vorstellung. In einem beschränkte sich die Täuschung nur auf die beachteten Gegenstände, etwa das gehaltene Buch, nicht die haltende Hand.

4. Die Theorie von *Jaensch.*

a) Die Eindringlichkeit beim *Koster*schen Phänomen.

Die Mikropsieversuche lassen sich im Haploskop vollkommener anstellen, indem das Netzhautbild dabei unverändert bleibt. Da zeigt sich das K. G. relativ stärker, wenn der Gesamtgegensatz von Objekt und Grund in Helligkeit und Sättigung relativ klein ist. Es wird nicht eigentlich Helligkeit oder Sättigung größer, sondern die Eindringlichkeit; und zwar ist der Unterschied dann deutlich, wenn eine gewisse flüchtige Beobachtungsweise angewendet wird. Also mit dem stärkeren Konvergenzgrad ist höhere Eindringlichkeit unmittelbar verbunden. Sie ist nach *Jaensch* nicht an das Urteil größerer Nähe geknüpft, da dabei das Objekt ferner erscheinen kann.

Aus den Bestätigungen dieses Zusammenhangs von Konvergenzbewegung und größerer Eindringlichkeit sei erwähnt:

α) Die subjektiven Bewegungswahrnehmungen. Wenn man im Dunkelzimmer bei geschlossenen oder offenen Augen die Hände vor den Augen hin und her bewegt. so scheint sich etwas über das Gesichtsfeld hin zu bewegen, ein Schleier von derselben Farbe wie der Hintergrund. Es läßt sich das nicht als eine bloße Vorstellung erklären, was ein ganz anderes Resultat gibt. Es ist vielmehr ein höherer Grad von Eindringlichkeit, der mit den Anregungen zum Nahesehen verbunden ist. Das weist darauf hin, daß beim Antrieb zum Sehen in die Nähe das Verhalten der Aufmerksamkeit gegenüber den Gesichtseindrücken ein anderes ist als beim Sehen in der Ferne.

β) Das Phänomen der örtlich hervortretenden Farben. Werden zwei Farben in gleicher Entfernung dargeboten, so tritt im allgemeinen die hellere vor die dunklere, wie *Grünberg* (ZPs 42, 10 ff.) fand. *Heine* gibt an, es komme auch vor, daß die hellste und dunkelste Scheibe zugleich vorspringen. Auch *Karpinska* findet eine Neigung, das für die Aufmerksamkeit Ausgezeichnete nach vorn zu lokalisieren. Es scheint mithin, daß es wieder die größere Eindringlichkeit ist, welche den Eindruck des Hervortretens auslöst. Also nicht bloß bedingt der Antrieb zum Nahesehen die größere Eindringlichkeit, sondern auch umgekehrt die größere Eindringlichkeit den Antrieb zum Nahesehen.

γ) Die Erscheinung, daß die Farben der Landschaft bei schiefer oder umgekehrter Lage des Kopfes glänzender, leuchtender erscheinen als normal, erklärt *Jaensch:* Bei verkehrter Kopfhaltung erscheinen die Tiefenunterschiede mit geringerer sinnlicher Lebhaftigkeit. Mit zunehmender Senkung des Blickes ist Annäherung des Aufmerksamkeitsortes, Näheeindruck verbunden. Bei gewöhnlicher Kopfhaltung erscheinen die näheren Teile deshalb näher, weil dieser Näheeindruck entsteht und außerdem die Querdisparation im selben Sinne wirkt. Bei verkehrter Kopfhaltung dagegen wirken die beiden Ursachen in entgegengesetztem Sinne. Senkt man dann den Kopf kinnwärts, so wird nahe angegeben, die Disparation gibt dagegen fern: also wird die Wirkung beeinträchtigt. Ein peripheres Objekt erscheint undeutlicher, weil es nicht gleichzeitig mit dem Fixierpunkt deutlich gesehen werden kann; vermutlich ist in ähnlicher Weise der Umfang der Aufmerksamkeit in der dritten Dimension beschränkt. Dann wird ebenso das Objekt eindringlicher werden, wenn es sich dem jeweiligen Aufmerksamkeitszentrum nähert.

b) Der genauere Zusammenhang ist nach der späteren Anschauung *Jaenschs* folgender. Die Konvergenz bestimmt die verschiedenen Verhaltungsweisen der Aufmerksamkeit, und diese wieder die scheinbare Größe. Bei starker Konvergenz wird relativ viel gleichzeitig überschaut, besteht eine Neigung zum gleichzeitigen Über-

schauen, nicht zum Wandern. Deshalb größere Eindringlichkeit, der Eindruck eines relativ kleinen Bezirkes. Bei schwacher Konvergenz stellt sich die Aufmerksamkeit auf eine größere Strecke ein, auf Wandern; deshalb geringe Eindringlichkeit, die Peripherie weniger sichtbar usw. Auf das große Material, das diesen Sätzen genaueren Sinn und Grund gibt, kann hier nicht eingegangen werden.

Jacobsson verwirft diese Anschauung, da nach den sonstigen Erfahrungen gerade gleichzeitige Aufmerksamkeit der Erkennbarkeit nicht förderlich sei, sondern vielmehr das Durchwandern mit der Aufmerksamkeit. *Kaila* gewinnt aus seinen Versuchen einen direkteren assoziativen Zusammenhang. Beim Betrachten durch eine Konkavlinse erscheint die Welt luftig, märchenhaft, nicht materiell; nicht mehr die Dinge mit ihren Deutungen, sondern Licht und Farben fesseln dann. Man sieht dann sonst nie bemerkte schöne Farbentöne, Lichtreflexe, alles erscheint eher bildhaft. Der Grund ist nach *Kaila*: Bei Bewegung der Gläser führen die Dinge Scheinbewegungen aus. Das hebt ihren Wirklichkeitscharakter auf; es scheint nicht mehr die stoffliche Dingwelt da zu sein. Dieser Eindruck hemmt die Reproduktionen. Dem entgegen können sich die sensorischen Erregungen steigern; daher das K. G., die Steigerung der Eindringlichkeit, besonders der seitlichen Teile, was die starke Erweiterung des Gesichtsfeldes gibt. Dasselbe erzielt auch ein Spiegelbild, worin auch die Farben eindringlicher, ästhetischer erscheinen wegen der Bildhaftigkeit und Unwirklichkeit. Nicht anders erklärt sich die Betrachtung bei umgekehrter Lage des Kopfes; es steigert sich die Farbenpracht der Landschaft; die Reproduktionen treten zurück; die Gegenstände erscheinen verkleinert; die Entfernungsvorstellungen sind gehemmt. — Die verschiedenen Theorien tragen wohl alle einzelne Elemente bei, die das dunkle Kapitel der Sehgrößentäuschungen aufhellen können. Am befriedigendsten erscheint einstweilen die letztgenannte.

§ 13. Die Theorie der Tiefenwahrnehmung.

1. Die Fragestellung. Bei der Tiefenwahrnehmung kehrt die Streitfrage zwischen Nativismus und Empirismus wieder. Nur ist die Bedeutung der Erfahrung auf diesem Gebiet so augenfällig, daß der Streit sich fast nur auf ein kleines Gebiet bezieht. Die Frage ist nur, ob hier überhaupt ein nativistisches Grundkapital anzunehmen ist und in welchem Umfang. Den heutigen Stand der Frage geben zwei Darstellungen wieder, der Empirismus von *Ebbinghaus* und der Nativismus von *Hering*.

Ebbinghaus erklärt die Entstehung der Tiefenanschauung: Wir sehen anfänglich alle Dinge in einer Fläche, in ihrem Nebeneinander, ohne noch eine Wahrnehmung von verschiedener Tiefe zu haben. Diese Fläche ist aber nicht wie eine ebene Wandfläche zu denken, deren Anschauung für uns jetzt nicht etwas rein Zweidimensionales ist; wir sehen ja die Wand in einer bestimmten Entfernung von uns, mit andern Objekten davor und dahinter, mit einer bestimmten Krümmung usw. Dagegen ist die ursprünglich gesehene Fläche rein zweidimensional zu denken. Das beste Bild bietet etwa ein Blick in einen dichten Nebel, der noch gestattet, die Winkelwerte leuchtender Punkte zu unterscheiden, dagegen so gut wie nichts von ihrer Tiefe; oder die Empfindung des subjektiven Augenschwarz, das wir nicht recht in eine bestimmte Entfernung von uns verlegen. In diese anfängliche Fläche gehörten auch die Teile des eigenen Körpers hinein, soweit sie überhaupt gesehen wurden. Die Ausbildung der dritten Dimension kommt dann durch Erfahrung zustande, worauf die Wirksamkeit aller Tiefen-

zeichen, auch der Querdisparation, zurückzuführen ist. Wenn z. B. ein Stab sich dreht, so daß er immer mehr verkürzt erscheint, so ist mir das ein Zeichen, daß er in die dritte Dimension übergegangen ist. Das scheinbare Kleinerwerden von Personen wird als Entfernung von mir weg gedeutet usw. Daß das möglich sein muß, sehe ich ja an Einäugigen, die trotz des Mangels der Querdisparation zu einer vollkommenen Tiefenanschauung gelangen.

Nach *Hering* dagegen ist neben der Flächen- auch eine ursprüngliche Tiefenempfindung anzunehmen. Die binokulare Querdisparation liefert mit ihren Tiefenwerten eine Anordnung der verschiedenen Ebenen vor und hinter der Kernebene. Wenn auch die genaueren Abstände dieser Ebenen voneinander anfangs sehr unbestimmt und weit entfernt von der jetzigen plastischen Ansicht der Welt waren, so war doch wenigstens eine richtige Ordnung gegeben und eine Grundlage, um dann mit Hilfe der Erfahrungsmotive diese Ordnung allmählich auszuführen. Die Entfernungsempfindungen können sich mit den empirischen Tiefenzeichen durch Assoziation verbinden, so daß später beim Erscheinen eines solchen empirischen Zeichens die zugehörige Tiefenvorstellung von selbst auftaucht. Dafür spricht die unnachahmliche sinnliche Lebhaftigkeit der Tiefenanschauung infolge der Querdisparation, sowie die Schwierigkeit, auf anderem Wege einen Ansatz für die Tiefenvorstellung zu gewinnen. Die Assoziation kann ja nichts Neues schaffen, sondern nur Vorgefundenes verbinden. Es muß also wohl die Tiefe unmittelbar gegeben sein.

Schon diese Darlegung der Standpunkte zeigt, daß der Gegensatz kein sehr großer ist. Es handelt sich fast nur darum, ob durch Querdisparation ein wirkliches Empfindungselement geliefert wird, wenn auch nach Voraussetzung ein recht unvollkommenes, oder ob auch durch sie wie durch alle andern Tiefenkriterien bloß assoziativ eine Tiefenvorstellung geweckt wird. Eine Tiefenempfindung nehmen z. B. *Tschermak, Hillebrand, Witasek* und andere an.

2. Einige allgemeinere Gründe der Empiristen.

a) Vielfach wird eine direkte Tiefenempfindung für unmöglich erklärt. Damit ich eine Entfernung von meinem Auge empfinden könnte, müßte ich die beiden Endpunkte dieser Linie sehen, also auch das Auge selbst als den einen Endpunkt, was natürlich unmöglich ist. Also kann von einem Sehen der absoluten Entfernung eines Objektes von mir keine Rede sein. Aber auch die Tiefendistanzen anderer Objekte unter sich lassen sich nicht eigentlich sehen. Denn was ein Auge sieht — und auch ein Auge hat ja noch Tiefenanschauung — ist nur, daß, wo ein Objekt aufhört, gleich daneben ein anderes beginnt. Daß das weiter nach vorn oder hinten geht, bildet ein Auge nicht ab, sieht es also nicht eigentlich. So schon *Berkeley*. — Hier ist zugegeben, daß die absolute Tiefenentfernung vom Auge nicht eigentlich empfunden, sondern nur vorgestellt werden kann. Die Tiefenempfindung wird nur behauptet für den gesehenen Abstand zweier gesehener Objekte. Da zeigt aber die Erfahrung einen ungeheuren Unterschied. Während die absolute Entfernung oft nur höchst ungenau angegeben werden kann, ist die Genauigkeit für die Tiefendistanz gesehener Lichtpunkte auf Grund der Disparation eine überaus große, wie das zu einer Empfindung wohl passen würde.

Daß der Tiefenabstand zweier Objekte bei einäugigem Betrachten nur eine Vorstellung ist, geben auch die Nativisten zu. Aber sie leugnen, daß daraus das gleiche für das zweiäugige Sehen folge. Für das Doppelauge nämlich, welches als einheitliches

Organ tätig ist, besteht in der Querdisparation wirklich eine Verschiedenheit, ob ein Punkt nahe oder fern ist, und deshalb die Möglichkeit einer unmittelbaren Wiedergabe in der Empfindung. Ähnliches gilt auch zum folgenden Beweis des Empirismus.

b) Auf jeden Fall, sagen die Empiristen, wäre eine Tiefenempfindung überflüssig, da ohne sie dasselbe geleistet werden kann und muß. Denn das einzelne Netzhautbild ist nur zweidimensional und wird vollständig wiedergegeben durch eine Fläche im Sehraum. Nun muß die Tiefenwahrnehmung auch für ein einzelnes Auge erklärt werden können; denn sie entsteht auch bei einem Einäugigen; sie bleibt weiter vollständig bestehen, wenn ich ein Auge schließe. Ein Auge kann aber Tiefe nicht wiedergeben, es hat gar keine Einrichtungen dazu. Derselbe Bildpunkt kann ja von einer unendlichen Zahl von leuchtenden Punkten draußen herstammen, die in einer Linie liegen. So schon *Berkeley*. Sicher ist es nicht annehmbar, daß dieselbe Tiefenwahrnehmung, die vollkommen, ohne Annahme einer neuen Empfindung beim einäugigen Sehen geleistet wird, außerdem noch eine eigene Empfindungsquelle haben solle; sondern da wird man einfacher sagen müssen, daß die Disparation in die Reihe der übrigen Tiefenzeichen eingeordnet werden muß.

Die Beweisführung zeigt gewiß, daß für das einäugige Sehen das Tiefensehen als Vorstellung betrachtet werden muß. Doch leugnen die Nativisten, daß die Leistung bei ein- und zweiäugigem Sehen so völlig dieselbe sei. *Witasek:* Der Augenschein zeigt sofort, daß die Tiefenwahrnehmung durch Querdisparation nicht nur das beste unter der Art nach gleichen Mitteln ist, sondern geradezu das Mittel der wirklichen und direkten Tiefenwahrnehmung.

Die Streitfrage ist also nicht durch allgemeine Erwägungen zu entscheiden, sondern erst durch genauere Würdigung und Vergleichung der Leistung der verschiedenen Tiefenzeichen.

3. Die Gründe für den Nativismus.

a) Auch hier ist versucht worden, durch allgemeine Gründe die Notwendigkeit dieser Ansicht festzustellen. *Stumpf:* Wenn eine Fläche unmittelbar im Gesichtseindruck gegeben ist, dann muß auch die Tiefe gegeben sein. Denn die unmittelbar gegebene Fläche ist entweder eben oder gekrümmt. Es ist ebenso unmöglich, eine Fläche vorzustellen, die keines von beiden wäre, als eine Linie, die weder gerade noch krumm wäre. — *Ebbinghaus* antwortet darauf: Deshalb, weil die Fläche eben oder gekrümmt sein muß, folgt nicht, daß ich eines von beiden sofort erkennen muß. Wie die Beispiele des Nebels, des subjektiven Augenschwarz zeigen, ist es wenigstens möglich, einen Anblick zu haben, der keine bestimmte Tiefenentfernung zeigt, worin hervortretende Punkte nicht nach ihrer Tiefe geordnet werden können. Also ist dasselbe oder eine noch größere Unbestimmtheit für den Anfang der Raumwahrnehmung recht wohl möglich. (Weitere Gründe ähnlicher Art vgl. bei *Stumpf*.)

b) Sicher ist die Tiefenvorstellung ein visuelles Element, nicht etwa eine Tastvorstellung, welche durch Assoziation geweckt und mit der allein gesehenen optischen Flächenwahrnehmung verbunden würde. Der gesehene Körper ist nicht etwa eine gesehene farbige Fläche, womit sich assoziativ die Vorstellung einer gewissen Armerstreckung verbände, wie es einst *Berkeley* in der Tat meinte. Nach ihm hätten wir ohne die Fähigkeit, Augen oder Glieder zu bewegen, überhaupt keinen Begriff von der Entfernung. Das Gegenteil lehrt auch *James* und besonders klar *Hering:* Die Tiefe ist eine den übrigen gleichartige Dimension; wir legen Linien von einer in die andre, ohne daß sich etwas änderte als die Richtung. Die Tiefendimension ist durchaus wesensgleich mit den andern, hat gleiche Maßeinheiten, was undenkbar wäre, wenn jene etwa auf Muskelempfindungen beruhte.

Setzen wir dieses voraus — und die heutigen Empiristen leugnen das nicht —, so scheint daraus zu folgen, daß wir eine Empfindung der

Tiefe gehabt haben müssen. Denn alle unsere Vorstellungen sind Nachbilder von Empfindungen: sie reichen nur so weit wie die Empfindungen selbst. In der ursprünglichen Sehfläche des Empiristen gibt es nur ein Nebeneinander zu sehen; wie soll sich daraus allein die noch nicht gesehene neue Richtung der Tiefe entwickeln?

Indessen, denkt man daran, daß auch Einäugige die Tiefenwahrnehmung haben, so ist klar, daß außer etwaigen Tiefenempfindungen noch eine andere Möglichkeit vorhanden sein muß. Eine solche muß dann eine bereitliegende angeborene Assoziation sein, welche bei passendem Reiz, also bei der Wirksamkeit eines Tiefenzeichens, uns diese neue Richtung anschaulich liefert, welche wir durch weitere Erfahrungen dann zur richtigen Größe ausbilden können. Damit kommt freilich in den Empirismus ein gewisses nativistisches Element hinein, das den Unterschied der Systeme wieder vermindert.

In der Tat, man darf ja nicht vergessen, daß die Tiefenempfindung nie in gleicher Weise an ihre Reize gebunden ist wie die Empfindung von Höhe und Breite; für letztere besteht Ähnlichkeit von Reiz und Bild, ein Nebeneinander in zwei Dimensionen; für die Tiefe besteht diese Ähnlichkeit nicht; die Summe der beiden stereoskopischen Bilder hat keine Ähnlichkeit mit der gesehenen Körperlichkeit. — Ferner ist nach unsern heutigen Kenntnissen nicht mehr haltbar, daß an dieselbe Disparation derselben Netzhautstellen anatomisch fest eine bestimmte Tiefenerstreckung gebunden sei; diese ändert sich vielmehr nach der Entfernung der Kernfläche, was erst mit der Erfahrung erlernt wird. Führen wir diesen Punkt ein, so sagt der so berichtigte Nativismus, daß sich an die Disparation anfangs eine unbestimmte kleine Tiefe anschließt, die durch erfahrungsmäßige Reproduktionen später eine wesentlich andere wird. Der berichtigte Empirismus gibt zu, daß eine angeborene Assoziation die erste Tiefenvorstellung liefert, und läßt deren Ausbildung zur richtigen Tiefenerstreckung ebenso durch Erfahrung geschehen. Es ist schwer, hier noch prinzipielle Gegensätze zu finden. Auch *Kaila* weist, wie wir sahen, auf die große Ähnlichkeit der von ihm vertretenen empiristischen Erklärung mit der *Hering*schen nativistischen hin.

c) Am überzeugendsten erscheint den Nativisten gewöhnlich der direkte Eindruck. Das Erkennen eines Körpers als solchen, eines Menschen in bestimmter Entfernung scheint so unmittelbar wie jede beliebige Empfindung. Wir bemerken die Tiefe mit einer empfindungsartigen Lebhaftigkeit. Wie auf einen Reiz einer Netzhautstelle Qualität, Länge und Breite sich als Empfindung einstellt, so folgt nach *Hillebrand* auf die Reizung eines gewissen Netzhautpaares mit gleicher Unmittelbarkeit die Empfindung einer gewissen Tiefe.

Aber die sinnliche Lebhaftigkeit allein ist kein durchschlagender Beweis. Wir haben sie in vielen andern Fällen, wo wegen häufiger Erfahrungen eine vorhandene Empfindung sich durch Vorstellungsproduktionen ergänzt, im Falle der Assimilation oder Illusion; gerade so kann es auch bei der Tiefe sein. Wir haben tausendfach erfahren, daß beim Bild eines so klein erscheinenden Menschen etwas ganz anderes vorhanden war, nämlich eine gewisse Entfernung zwischen uns. Diese Vorstellung taucht deshalb bei einem solchen Anblick sofort in mir auf. Dann sehe ich in der Vorstellung Entfernungen, die für die Empfindung nicht vorhanden sind.

Noch direkter spricht dafür die Möglichkeit, ohne Disparation die ganze Lebhaftigkeit der Tiefenwahrnehmung nachzuahmen. So stellt *Straub* (ZPs 36, 412 ff.) Streifen von Figuren zusammen,

die so angeordnet sind, daß je zwei aufeinanderfolgende Bilder, wenn binokular vereinigt, ein körperliches Bild geben würden. Dann gibt der ganze Streifen im Stroboskop für ein Auge ein ebenso klares körperliches Bild. Wie *A. Prandtl* erklärt, handelt es sich da um eine Folge von Bildern, in denen einzelne Elemente in derselben Richtung abgeändert werden. Diese Bewegung zieht den Eindruck einer räumlichen Ordnung nach sich, ähnlich wie die seitliche Bewegung des Kopfes es tut. Die Wirkung fehlte, wenn man nur zwei stereoskopische Bilder abwechselnd immer wieder brächte. — Dasselbe geschieht im Verant mit seiner Plastizität des Sehens. Nach *Karpinska* kann das Resultat im Verant, wo doch nur indirekte Kriterien tätig sind, dasjenige der Disparation übertreffen. Nach *Schumann* wird sogar dann die Plastizität nicht geändert, wenn man identische (nicht disparate) Bilder mit beiden Augen durch zwei Veranten betrachtet; da wird also die Disparation durch Erfahrungsmotive überwunden, was mit Leichtigkeit geschieht. Nach den besten heutigen Untersuchungen ergibt sich zwischen Disparation und andern Tiefenkriterien nur ein relativer, kein wesentlicher Unterschied.

4. Eine Bestätigung für diese im wesentlichen empiristische Erklärung bietet ein Überblick über die Entwicklung des Tiefensehens beim Menschen.

a) Während bei den Tieren ein viel weiter gehender Nativismus der Erfahrung entspricht, zeigt sich beim Menschen eine langsame Entwicklung des Tiefensinnes, wie sie beim Empirismus zu erwarten ist. Kinder unterschätzen häufig die Entfernungen in unglaublichem Maße, wie *Helmholtz* aus seiner eigenen Kindheit erzählt. Ähnliches bezeugt *Koster* von sich. Freilich ist damit noch nicht eine anfänglich rein flächenhafte Wahrnehmung bewiesen.

Nach *Stern* (ZAngPs 2 [1909] 412 ff.) ist der Urraum des Neugeborenen die Gegend des Mundes; beim Berühren der Wange dreht sich der Kopf zum Zweck des Saugens. Schon in der zweiten Woche kann das Kind Gegenständen, die nahegebracht und langsam bewegt werden, mit den Augen folgen. Der Naheraum, der im ersten Vierteljahr bleibt, ist etwa eine Halbkugel von $^1/_3$ *m* Halbmesser. Die Hand wird kennen gelernt durch Saugen daran, Spielen vor den Augen; Objekte werden umfaßt und so Assoziationen zwischen Sehen und Tasten gebildet; die volle Greifsicherheit wird erst mit Ablauf des ersten Vierteljahres erworben. Man nahm oft an, daß das Kind alle Objekte unterschiedslos in der Kugelschale des Naheraums nebeneinander sehe und daher wahllos nach allen greife. Nach *Sterns* Erfahrung gilt das nicht. Zunächst lenken nur nahe Objekte die Aufmerksamkeit und Bewegungen auf sich. Fernere bilden nur einen verschwommenen Hintergrund, außer etwa leuchtende. Ein Greifen nach dem Mond konnte er nie beobachten; er vermutet, hierbei sei wohl die Ausdrucksbewegung des Verlangens, das Ausstrecken des Armes, mit der wirklichen Greifbewegung, die nur auf Erreichbares geht, verwechselt worden. Im zweiten Vierteljahr eröffnet sich der Fernraum, die Objekte in mehreren Metern Abstand; hier fehlen die Greifbewegungen. Bei den drei eigenen Kindern wurde im Alter von sechs Monaten das Experiment angestellt:

Langsam wurde eine Uhr von oben genähert; das Kind streckte die Ärmchen danach aus, hielt sie aber weit geöffnet; erst wenn die Uhr in Greifnähe kam, schnellten sie zusammen und griffen zu (also eine klare Tiefenlokalisation für diese Entfernung). Vollendet wird die Entwicklung, wenn das Kind selbst in die Ferne gehen kann. Gegen Ende des ersten Jahres kann es Lage, Größe und Form der Dinge auffassen. Das Erkennen von Bildern zeigt sich im zweiten Lebensjahr. Im Bilderbuch werden bald viele Dinge richtig benannt. Entscheidend ist der Umriß; dagegen sind Farbe, Größe, Raumlage anfangs gleichgültig; die Größenverhältnisse jedoch werden mit überraschender Schärfe aufgefaßt, z. B. ob die Figur Erwachsene, Kinder, Puppen bedeute. Die Perspektive ist anfangs für das Erkennen hinderlich; erst gegen Ende des zweiten Jahres wird sie verstanden.

b) Selbst im normalen Leben zeigt sich eine merkwürdige Unbeständigkeit der Tiefenwahrnehmung. Unter fremden Bedingungen werden die Ferneschätzungen leicht außerordentlich falsch. Man kann sich durch Übung die Fähigkeit des „malerischen Sehens“ aneignen, besonders bei einäugigem Betrachten, so daß es dann später dabei sogar schwierig werden kann, es auszuschließen (*Poppelreuter*). Wie *Ebbinghaus* berichtet, kann bei Gehirnkrankheiten die richtige Tiefenwahrnehmung verloren gehen.

c) Auch die Äußerungen von operierten Blindgeborenen lassen sich am einfachsten und klarsten verstehen, wenn man annimmt, daß sie zwar sofort richtige Flächenwahrnehmung haben, aber anfänglich noch keine Wahrnehmung einer Entfernung, jedenfalls nicht entfernt eine solche, wie sie der Querdisparation entspricht.

Bourdon faßt diese Erfahrungen zusammen. Vor der Operation sind die Leistungen sehr verschieden gewesen. Bei allen bestand schon Wahrnehmung von Licht, bei einigen selbst von Farben, dagegen fehlte die Wahrnehmung von Formen völlig; bei mehreren bestand wenigstens eine Wahrnehmung der Richtung; sie konnten das Auge auf das glänzende Licht richten. Nach der Operation unterscheiden alle sicher verschiedene Eindrücke bei genügend entfernten Netzhautstellen. Bei einem war am fünften Tage mit richtiger Brille die Sehschärfe befriedigend. Die Fixation eines gesehenen Objektes ist meist schwer, zögernd oder vorübergehend. Die Formen: Der von *Franz* Operierte erkennt gebrochene Linien richtig; der Fall *Dufour* unterscheidet am zweiten Tag der Übung rund und eckig, weiß aber nicht, welches das Rund ist, was er durch Berühren erkennt. Die Tiefe: Anfangs werden die Objekte auf die Oberfläche des eigenen Körpers verlegt, oder innerhalb der Reichweite. Der Kranke von *Franz* fürchtet an die Objekte zu stoßen, wenn sie auch weit weg sind. Zur Schätzung der Entfernung bewegt er den Kopf nach rechts oder links (benutzt also ein empirisches Hilfsmittel, nicht die Querdisparation). Einer glaubt, als ihm das erste Auge operiert ist, die Objekte am Auge zu sehen; beim zweiten glaubt er an eine sehr kleine Entfernung. Die Größe: Im Fall *Franz* erscheinen alle Objekte, die der Kranke sieht, sehr groß, mehr als er nach dem Tastsinn erwartet hätte. Der Fall *Uhtoff* kann nach fünf Wochen auch bei verschieden entfernten Objekten die Größen bei zweiäugigem Sehen richtig unterscheiden, aber nicht bei einäugigem (also wohl vermittelst Querdisparation). Die Erziehung erfolgt nach *F. B. Hofmann* durch Vergleich mit dem Tastsinn und durch Belehrung. Der Operierte hat vor dem Kind voraus, daß er schon durch den Tastsinn Erfahrung von den Objekten hat, die durch bloße Benennung des Gesehenen die Assoziation herzustellen erlaubt, obwohl die Vermittlung des Betastens das Erlernen schneller macht.

Die Verkleinerung des Bildes und die Veränderung der Farben und Lage macht anfangs Schwierigkeit.

Einige Mitteilungen aus den Berichten (*Wilbrand,* Die Seelenblindheit [1887] 1—42):

Der erste Fall ist der eines dreizehnjährigen Knaben, der von *Cheselden* operiert wurde (1728). Es heißt davon unter anderem: Er machte sich anfangs kein Urteil über die Entfernungen, meinte, alle Gegenstände berührten seine Augen, wie die gefühlten seine Hand. (Diese falsche Lokalisation weist auf die allgemeine Lokalisationsregel hin, worüber im nächsten Kapitel.) — Er hatte keinen Begriff von der Gestalt einer Sache, unterschied die verschiedenen Dinge nicht voneinander; wenn man ihm aber sagte, was es für Dinge wären, betrachtete er sie aufmerksam, um sie zu behalten. (Sicher mußte er wenigstens die Flächenprojektionen gleich richtig sehen; sonst hätte er durch kein aufmerksames Betrachten die Dinge lernen können.)

Gemälde erkannte er lange nicht. Erst nach zwei Monaten machte er plötzlich die Entdeckung, daß sie Körper mit Erhöhungen und Vertiefungen darstellten. Bis dahin hatte er sie als buntscheckige Flächen gesehen. Dabei erstaunte er nicht wenig, daß sich die Gemälde nicht anfühlen ließen wie die Dinge, die sie vorstellten, und daß die Teile, die rund und eckig aussahen, flach wie die übrigen anzufühlen waren. (Allmählich lernte er die verschiedenen Tiefen der Außendinge und die Kriterien, woran man sie erkennt. Diese entdeckte er dann auch an den Gemälden und sah sie nun körperlich.) — Er konnte sich anfangs keine Linien vorstellen außerhalb des Umfangs, den er sah. Daß das Zimmer ein Teil des Hauses sei, wisse er wohl; er vermöge aber nicht zu begreifen, wie das ganze Haus größer aussehen könne wie das Zimmer. Zunächst dachte er sich die gesehenen Objekte überaus groß; als er dann größere sah, dachte er sich die früheren kleiner. (Anfangs kennt er nur die Ausfüllung der Sehfläche; mit der Entwicklung der Tiefe treten größere Objekte auf, die die früheren relativ zurücktreten lassen.)

Der Fall von *Franz* (1841). Am dritten Tage bei Öffnung der Augen sagte der Operierte, er sehe ein großes Lichtfeld, in welchem jedes Ding dunkel, verwirrt und bewegt erscheine. Er unterscheidet keine Gegenstände. — Nach fünf Wochen werden verschiedene Experimente mit ihm gemacht; eine Kugel und ein Würfel werden vor ihn hingestellt; das Auge wird geöffnet und gefragt, was er sehe. Nach genauer Prüfung sagte er: eine viereckige und eine runde Figur, und nach längerer Überlegung, das eine sei ein Viereck, das andere eine Scheibe. Statt des Würfels wird nun eine Scheibe hingesetzt. Er glaubt zwei Scheiben zu sehen. Eine Pyramide hält er für ein Dreieck. — Sobald er die Fähigkeit zu sehen erlangt hatte, schienen ihm die Gegenstände so nahe, daß er sie zu berühren fürchtete. Von der Perspektive in den Gemälden hatte er keinen Begriff.

Diese Beobachtungen wie die übrigen Tatsachen der Entwicklung des Tiefensehens entscheiden nicht über die genaue Natur des Anfangs der Tiefenwahrnehmung. Sie zeigen aber die überwältigende Rolle, die die Erfahrung beim Aufbau dieser Wahrnehmung beim Menschen spielt.

Viertes Kapitel.

Die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes.

Literatur. *V. Henri,* Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes, 1898. — *Spearman,* Fortschritte auf dem Gebiet der räumlichen Vorstellungen, in ArGsPs 8 (1906), Lit.-Ber. 1 ff.; ders., Die Normaltäuschungen in der Lagewahrnehmung, in PsSd 1 (1906) 388 ff. —

Goldstein und *Gelb*, Über den Einfluß des vollständigen Verlustes des optischen Vorstellungsvermögens auf das taktile Erkennen, in ZPs 83 (1920) 1 ff. — *R. Pauli* in ArGsPs 28 (1913), Lit.-Ber.

Neben dem Gesicht werden besonders dem Tastsinn Raumwahrnehmungen zugeschrieben. Freilich steht die Raumwahrnehmung des Tastsinnes der des Gesichtes in vielem nach. Der Tastsinn ist ein „Nahesinn", er bietet bloß die Raumeigentümlichkeiten der Außenobjekte, welche wir berühren. Von der ausgedehnten Gegend vor uns, selbst von der Wand in 2 *m* Entfernung, erhalten wir durch ihn keine Kunde, bis wir herantreten. Auch dann nehmen wir nur den kleinen Teil, den wir eben mit der eigenen Körperoberfläche in Berührung bringen, auf diesem Wege wahr. Dazu kommt weiter, daß auch im Moment des Berührens außerordentlich wenig Genaues über den berührten Gegenstand uns klar bewußt wird, sondern es dazu erst vieler Bewegungen bedarf. Demgegenüber bietet die Tastempfindung die Körper freilich in einer so unmittelbaren Sicherheit und „Handgreiflichkeit", daß man oft in ihr den unmittelbarsten Beweis für die Realität der wahrgenommenen Körperwelt gesehen hat.

Spearman ordnet die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes in drei Klassen: 1) den Raumsinn oder die Fähigkeit, Lageverschiedenheiten auf der Haut zu erkennen; 2) den Ortssinn, d. h. die Fähigkeit, eine berührte Stelle in ihrer Umgebung auf dem eigenen Körper richtig anzugeben, zu sagen, welcher Finger berührt ist usw.; endlich 3) die Lagewahrnehmung: nicht bloß relativ zum betreffenden Hautgebiet, sondern absolut im umgebenden Raum die Lage des berührten Punktes anzugeben.

§ 1. Der Raumsinn der Haut.

Er wird definiert als die Fähigkeit, Form, Größe, Zahl und Bewegung der unsere Hautoberfläche berührenden Gegenstände mittelst der Tastempfindungen zu erkennen. Seine Leistung ist es, wenn wir merken, ob der berührte Gegenstand groß oder klein ist, rund oder eckig, ob es einer oder zwei sind. Besonders kennzeichnend für ihn ist:

1. die Raumschwelle. Wenn man die Haut gleichzeitig mit zwei Spitzen eines Zirkels berührt, kann man nicht bei allen Entfernungen der Spitzen erkennen, daß es zwei sind; der Abstand muß dafür ein gewisses Mindestmaß überschreiten. Diesen Abstand nennt man die Raumschwelle. Sie ist ein Maß für die Feinheit des Raumsinnes. Man untersucht deshalb, wie diese Raumschwelle von den verschiedensten subjektiven und objektiven Bedingungen abhängt. Als Instrument kann schon ein einfacher Zirkel dienen, den man möglichst gleichmäßig aufsetzen muß. Für wissenschaftliche Messungen dienen feinere Instrumente, die Ästhesiometer, welche teilweise gestatten, die Spitzen mit einem konstanten meßbaren Druck, einer bestimmten Geschwindigkeit auf die Haut aufzusetzen.

Wie man bald fand, haben diese Bestimmungen eine prinzipielle Schwierigkeit. Der Übergang von einem zu zwei Punkten ist nämlich kein plötzlicher, sondern ein ganz allmählicher: zuerst wird ein scharfer kleiner Punkt empfunden, dann ein breiter stumpfer Punkt, der allmählich eine Fläche wird, dann eine Linie; dann vielleicht zwei Punkte, die durch eine Linie verbunden sind; endlich erst zwei deutlich getrennte Punkte. Mit der Raumschwelle ist eigentlich nur das letztere gemeint, die Wahrnehmung getrennter Punkte. Aber der Beobachter, der weiß, daß bloß zwischen 1 und 2 Punkten die Wahl besteht, kann sich mit einer Empfindung begnügen, die sich von der des einzelnen Punktes eben merklich unter-

scheidet, also statt der Wahrnehmungsschwelle die Empfindungsschwelle einsetzen. Das ist genau genommen ein Reizirrtum, indem der Beobachter nicht berichtet, was er wahrgenommen, sondern was er erschlossen hat. Nach *Cora Friedline* (AmJPs 29 [1918]) können unter normalen Umständen die unterschwelligen Längen (bei der Schwelle von 40 *mm* solche bis herab zu 2 *mm*) unterschieden werden. *Piéron* bemerkt (AnPs 20), daß die Raumschwelle schon dadurch gegenüber der Sehschärfe benachteiligt ist, daß eine trennende fremde Farbe beim Gesicht vorliegt, beim Tastsinn nichts dazwischen; schon dadurch ist die Schwelle beim Tastsinn nie gleich einleuchtend. — Trotzdem ist es übertrieben, mit *Binet* an der Bestimmbarkeit der Raumschwelle überhaupt zu verzweifeln. Durch Übung kann man sich auf eine ganz bestimmte Aufgabe einstellen lernen, etwa die Wahrnehmung der getrennten Punkte, so daß dann die Urteile derselben Versuchsperson vergleichbar sind.

2. Resultate. Die Abhängigkeit vom Ort der Reizung fiel schon sehr früh auf. Die alte Tabelle von *E. H. Weber* enthält unter andern folgende Werte: An der Zungenspitze war die Raumschwelle 1 *mm*, an der Fingerspitze 2, am roten Lippenrand 4, an der inneren Hand, der Backe 14, am Vorderarm 25, am Rücken, Oberarm 60 *mm*. In gewissen Grenzen gilt ein von *Vierordt* aufgestelltes Gesetz: Je größer die Beweglichkeit einer Hautstelle, desto kleiner ist die Schwelle. Die Schwelle ist auch kleiner bei Kindern als bei Erwachsenen. Selbst bei künstlicher Dehnung der Haut wird sie größer. An den Extremitäten ist die Schwelle in der Längsrichtung größer als in der Querrichtung. Die sog. Empfindungskreise, die Hautbezirke, innerhalb deren zwei Punkte noch nicht unterschieden werden, sind also dort vielmehr Ovale.

Später fand *Goldscheider* mit Sinnespunkten wesentlich kleinere Werte, bisweilen nur $^1/_{10}$, ja $^1/_{20}$, wobei seine Zahlen freilich keine Mittelwerte bedeuten, sondern Mindestwerte. *v. Frey* und *Metzner* schränken übrigens diese hohe Empfindlichkeit auf besondere Bedingungen ein. Zwei benachbarte Druckpunkte können allerdings unterschieden werden, aber nur, wenn man sich auf die zu untersuchenden Punkte beschränkt, wenn die Reizstärke nicht zu klein ist und für beide gleich groß, und endlich, was die Hauptsache, wenn die beiden Orte nacheinander gereizt werden. Dann hat man schon den Eindruck, daß der Reiz sich verschiebt. Dagegen fanden sie bei gleichzeitiger Reizung am selben Vorderarm 20 *mm*, wo *Goldscheider* $^1/_2$ *mm* gefunden hatte.

Michotte (Les signes régionaux [1905]) untersuchte die Raumschwelle in der Weise, daß beide Punkte des Ästhesiometers fortwährend die Haut berührten; während der eine als Mittelpunkt festlag, wurde der andere immer weiter entfernt, bis die Zweiheit erkannt war. So maß er von einem Mittelpunkt aus nach vielen verschiedenen Richtungen die Schwelle. Die Linie, welche die Endpunkte dieser Schwellenlinien verbindet, umschließt dann ein „ästhesiometrisches Feld". Um diese Felder möglichst groß zu erhalten, wurde die Aufmerksamkeit durch gleichzeitige geistige Tätigkeit abgelenkt. Die Kurve müßte kreisförmig oder konkav sein, wenn die Tastqualitäten der Haut sich gleichmäßig änderten. Nun aber fand sich, daß, wenn eine große Falte in der Nähe des Mittelpunktes vorbeiging, die Schwellenlinien nicht über diese hinausgingen, sondern in ihr endigten. Die innere Handfläche, abgesehen von den Fingern, zerlegte sich in fünf deutlich getrennte Felder. Innerhalb eines Feldes kommt der Tastqualität eine größere Übereinstimmung zu, so daß bei großer Unaufmerksamkeit das ganze Feld innerhalb einer Schwellenkurve

liegen konnte. Es hat also ein der Region eigentümliches Lokalzeichen, das Regionalzeichen. Dagegen ändert sich die Tastqualität ziemlich plötzlich beim Übergang in ein anderes Feld, wo ein anderes Regionalzeichen herrscht. Das Regionalzeichen denkt sich *Michotte* psychologisch entstanden: Die Teile eines Feldes bewegen sich nie gegeneinander, sondern bleiben bei Bewegung und Betasten beisammen. Das gibt ihnen eine gewisse Ähnlichkeit, eben das Regionalzeichen. Beim gewöhnlichen unaufmerksamen Greifen haben wir nur so viele sinnliche Merkmale wie bewegliche Teile in der Hand, d. h. gerade so viele, als für das Festhalten nötig ist, was zweckmäßig ist. — *A. Tolchinsky* (AnPs 20 [1914]) wendet gegen die stetige Verschiebung ein, daß die Schwelle dann von der Schnelligkeit der Bewegung abhänge, ebenso von der Falte, die vielleicht die Bewegung aufhält oder verschiedene Empfindlichkeit hat. Er wählte deshalb unregelmäßigen Wechsel verschiedener Entfernungen, hält die Unterscheidung von einem und zwei Punkten beständig klar. So fand sich: Die Grenzen des ästhesiometrischen Feldes sind von den Falten unabhängig; sie haben für verschiedene Orte verschiedene Form, die sich auch bei verschiedenen Personen wiedererkennen läßt. Bei gleichzeitiger Zerstreuung bleiben die Felder den normalen ähnlich; bei verschiedenen Ausgangspunkten durchkreuzen sich die Felder häufig; sie grenzen nicht aneinander, wie *Michotte* fand. Danach ist die Theorie der Regionalzeichen nicht als gesichert zu betrachten.

3. Abhängigkeit der Raumschwelle von verschiedenen Umständen. Wärme, Blutfülle verkleinert die Schwelle; Kälte, Blutleere vergrößert sie (*Adsersen*). Die Raumschwelle hat eine tägliche Kurve; vom Morgen bis 11 Uhr nimmt sie ab, hält sich dann auf einem Mindestwert und nimmt gegen Abend wieder zu, genau entgegengesetzt mit der Kurve der Bluttemperatur. Narkotika vergrößern die Raumschwelle, am meisten Alkohol und Morphium.

Der Einfluß der Qualität. Die Unterscheidung des Raumsinnes gilt für alle Hautsinnqualitäten. Nach *Goldscheider* können bisweilen selbst benachbarte Temperaturpunkte unterschieden werden. *Spearman* findet bei wechselnder Benützung von gleichen und disparaten Reizen aller vier Hautqualitäten: nach einiger Übung sinken die Fehler bei disparaten Reizen auf denselben Wert wie bei gleichen Reizen; die Verschiedenheit stört hier nur am Anfang.

Den Unterschied der tiefen und der oberflächlichen Hautempfindlichkeit untersuchten *Head* und *Rivers*. Fast alle Reize, mit denen man gewöhnlich die Hautempfindung prüft, wurden auch von den tieferen Nerven wahrgenommen. Aber diese tiefe Sensibilität erkennt sehr schlecht die Ortsverschiedenheiten, gleichzeitige gar nicht, aufeinander folgende nur bei größerer Entfernung.

Die Abhängigkeit von Übung und Ermüdung. Die Übung verkleinert nach der gewöhnlichen Angabe die Schwelle desto mehr, je länger sie dauert. Dieser Einfluß ist dort wirksamer, wo die Schwelle schon an sich hoch ist. Zugleich werden andere Stellen mitgeübt, ganz besonders symmetrisch gelegene. Nach längerer Zeit der Übungslosigkeit dagegen nimmt die Schwelle wieder zu bis zur ursprünglichen Größe. Dem entgegen hatte *Foucault* keinen Übungsfortschritt gefunden. Nach *Piéron* liegt der Erfolg der Übung darin, daß man statt der Wahrnehmungsschwelle die Empfindungsschwelle einsetzt. Dasselbe bestätigt *C. Friedline.* Man erlangt Fertigkeit im Unterscheiden der unterschwelligen Längen, stellt sich also anders ein. Bei gleicher Einstellung scheint kaum eine Verbesserung vorzuliegen.

Die Ermüdung vergrößert die Schwelle. *Griesbach* stellte die größten Erhöhungen der Schwelle bei Schülern nach schriftlichen Prüfungen fest. Die Erhöhung der Raumschwelle zeigte sich auf den verschiedensten geprüften Hautstellen parallel. Dieses Resultat wurde besonders von Pädagogen vielfach bestätigt. Dagegen führten die Nachprüfungen im psychologischen Laboratorium regelmäßig zur Verwerfung.

Bolton (1904) konnte in wochenlangen Versuchen nur eine ganz schwache Abhängigkeit finden. *Griesbach* hielt demgegenüber seine Ergebnisse aufrecht (1905). Dasselbe bestätigte *Sakaki* bei Prüfung in den „japanischen Musterschulen", der die Methode praktisch und exakt findet. Auch *Michotte* konnte die Ergebnisse bestätigen. In einem Fall konnte schon nach einer 10 Minuten dauernden Arbeit die Ermüdung nachgewiesen werden, ebenso die Erholung nach 10 Minuten Ruhepause. Eine kurze sehr starke Anstrengung bewirkte eine stärkere Ermüdung als eine viel längere Arbeit mit Pausen.

Spearman löste diese Widersprüche. Auf der Seite *Griesbachs* stehen alle praktischen Anwendungen, wo die Messung der Schwelle in ein paar Minuten erledigt sein muß, auf der entgegengesetzen Seite die Laboratoriumsversuche, welche auf langsamen, peinlich wiederholten Versuchen beruhen. Auch die Methode von *Michotte* gestattet eine sehr schnelle Bestimmung der Schwelle, nämlich durch stetige Veränderung des Abstandes während der Berührung. Es scheint also, daß die Ermüdung nur während der ersten Minuten der Prüfung die Raumschwelle erhöht. Gerade die ersten Prüfungen nehmen die Aufmerksamkeit sehr in Anspruch. Die Ermüdung wird also die Raumschwelle so lange beeinflussen, als die Bestimmung von der Aufmerksamkeit abhängt, d. h. nur während der ersten Minuten.

Nach *C. Friedline* liegt der Schwellenunterschied nur bei qualitativer Einstellung vor. Sollen die zwei Punkte klar unterschieden werden, so ist der Unterschied unbedeutend; wenn dagegen der Versuch mit einer unterschwelligen Entfernung beginnt, die bei Frische gut erkannt wird, macht die Ermüdung diese qualitative Unterscheidung unmöglich und erhöht so scheinbar die Raumschwelle. Es ist wahrscheinlich, daß die Praktiker sich mit der Empfindungsschwelle zufrieden gaben, die Psychologen eine eigentliche Raumschwelle anstrebten.

4. Besondere Arten von Raumschwellen. Die bisher betrachtete Schwelle ist die S i m u l t a n r a u m s c h w e l l e. Wenn man beide Spitzen nicht zugleich aufsetzt, sondern nacheinander, bekommt man die S u k z e s s i v r a u m s c h w e l l e. Sie ist wesentlich kleiner als die vorhergehende, für gewöhnlich etwa ein Drittel, ja unter günstigen Umständen nicht größer als die von zwei benachbarten Tastpunkten.

Zur Erklärung ist die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Tastpunkte in Rechnung zu ziehen (*R. Pauli*). Es gibt eine S u m m a t i o n oder V e r s t ä r k u n g: Sind die Drucke auf beiden Zeigefingern gleich, und bringt man in die Nähe des einen einen Nebenreiz, so muß der andere Reiz gesteigert werden, damit die scheinbare Gleichheit erhalten bleibt. Die Veränderung kann nach Nähe oder Stärke des Nebenreizes von wenigen bis zu 80 % betragen. — Die A b s t u m p f u n g: Eine sonst deutliche Tastempfindung wird durch die Nähe einer andern undeutlich gemacht, was die Aufmerksamkeit verhindern kann. So kann ein schwacher Nebenreiz scheinbar schwächen, indem er die Qualität des Hauptreizes undeutlicher macht, was man durch größere Stärke auszugleichen sucht. — Eine weitere Wirkung ist die r ä u m l i c h e A n z i e h u n g: weshalb der Abstand zweier Tastreize leicht unterschätzt wird, besonders bei Intensitätsunterschieden. Der stärkere zieht dann den schwächeren an. Dieses offenbart sich weniger an Stellen von hoch entwickeltem Drucksinn. — Da die Druckpunkte viel zahlreicher sind als die Tastnerven im verlängerten Mark (550 gegen 400 Tausend), muß man annehmen, daß jedes Organ mehrere Äste vereinigt, in einer Zusammensetzung, die sonst nicht vorkommt.

Die Theorie nimmt an, daß jede Leitung im Zentrum eine Unterbrechung und Ausbreitung (Irradiation) nach der Seite erfährt, die mit größerer Entfernung schnell abklingt (*Bernstein*). Dann fallen die Erregungen zweier naher Punkte teilweise übereinander, bilden eine Summationskurve, daher die Verstärkung jedes einzelnen. Die Unterscheidung der Punkte verlangt, daß die Kurve in der Mitte merklich tiefer ist als an den Seiten. Sonst wird nur ein Reiz gefühlt (Raumschwelle); bei schwachen Reizen ist die nötige Verschiedenheit weniger leicht vorhanden (höhere Raumschwelle); ebenso wenn ein Reiz viel stärker ist als der andere. Für aufeinander folgende Reize dagegen macht das keine Schwierigkeit, da der erste Reiz schon abgeklungen ist, wenn der zweite eintritt. Das erklärt auch den Eindruck der stetigen Ausdehnung trotz getrennter Reize. Derselbe Unterschied der gleichzeitigen und aufeinander folgenden Reizungen begegnete uns schon auf andern Sinnesgebieten und fand dort die gleiche Erklärung (Schwebungen, Sehschärfe).

Die Schwelle für eine Linie. Handelt es sich bloß darum, zu erkennen, daß eine Linie da ist, so ist die Schwelle etwas kleiner als die Simultanschwelle und etwas größer als die Sukzessivschwelle. Die Erkennung der Richtung ist etwa bei einer Länge gleich der Simultanschwelle zweier Punkte möglich.

§ 2. Die Größenschätzung der berührten Objekte.

Literatur. *Pearce,* Über den Einfluß von Nebenreizen auf die Raumwahrnehmung, in ArGsPs 1 (1903) 31 ff. — *Jaensch,* Über Täuschungen des Tastsinnes, in ZPs 41 (1906) 280 ff. — *H. Cook,* Die taktile Schätzung von ausgefüllten und leeren Strecken, in ArGsPs 16 (1910) 418 ff. — *Gemelli,* Il metodo degli equivalenti, 1914.

Im Gesichtsraum unterscheiden wir die Sehschärfe, d. h. die Unterscheidungsfähigkeit kleinster Objekte in irgend welcher Hinsicht, und das Augenmaß, die Fähigkeit, übermerkliche Objekte in irgend einer Hinsicht miteinander zu vergleichen. Ähnlich ist es beim Raumsinn der Haut. Die Raumschwelle mißt die Feinheit der Unterscheidung des Tastsinnes, um einen Reiz überhaupt oder eine bestimmte Form desselben eben zu erkennen. Dem steht gegenüber die Größenvergleichung der übermerklichen Tastgrößen in irgend welcher Beziehung.

1. Abhängigkeit der scheinbaren Größe der berührten Fläche von der Hautstelle. Schon *Weber* (1834) bemerkte sie. Berührt man die Haut mit zwei Spitzen, so erscheint die Distanz um so kleiner, je größer dort die Raumschwelle ist. Bewegt man eine konstante Punktdistanz vom Oberarm abwärts bis zu den Fingerspitzen zweier benachbarter Finger, so erscheinen die Spitzen anfangs wie ein Punkt, bei der Handwurzel gehen sie auseinander, nähern sich wieder etwas auf der inneren Handfläche und entfernen sich immer weiter auf den Fingern (*Henri* 58). — Fährt man mit zwei in konstanter gegenseitiger Entfernung gehaltenen Fingern vom einen Ohr an beiden Seiten des Mundes vorbei zum andern Ohr, so glaubt man eine Ovale zu beschreiben.

Nach *Mabel Goudge* (AmJPs 29 [1918]) ist die Hauptursache in der Tat verschiedene Empfindlichkeit der Hautstellen; in zweiter Linie wirkt anderes mit, so die Stetigkeit der Bewegung: kurze Stücke erscheinen parallel, aber in anderem Abstand als die folgenden Stücke. Die Änderung der Richtung zeigen erst längere Linien. Auch ist visuelle Vorstellung von Nutzen; denn bei Blindgeborenen ist

die Täuschung weniger stark. Auch die Veränderung in Klarheit und Leichtigkeit der Lokalisation (die *Wundt* als Hauptgrund erschien) ist ihr in etwa parallel, doch kommen davon Ausnahmen vor.

Hierauf hat man eine Methode für die relative Bestimmung des Raumsinnes an verschiedenen Hautstellen gegründet, die Methode der Äquivalente: Man stellt auf zwei verschiedenen Hautstellen Spitzendistanzen her, die gleich groß erscheinen. Das Verhältnis dieser Distanzen setzt man dann gleich dem Verhältnis der Schwellen. Indessen ist das Verhältnis nicht konstant, sondern nähert sich mit der Vergrößerung der beiden Distanzen immer mehr der Einheit (*Camerer*). Durch den Gesichtssinn kennen wir ja die wirkliche Größe der gereizten Hautstellen. Auch kommen die Enden der Strecken immer mehr ausgezeichneten Punkten der Haut nahe, so daß noch der Ortssinn mitwirkt (*E. Gellhorn*). Nach *Gemelli* nähert sich das Äquivalenzverhältnis bei größer werdenden Strecken, wie angegeben, zunächst der Einheit, entfernt sich aber später wieder davon, ohne freilich den Wert der kleinsten Distanzen ganz zu erreichen. Ähnlich der Raumschwelle wächst es mit wachsender Ermüdung und Unaufmerksamkeit an; offenbar nimmt also dann die Raumschwelle der unempfindlicheren Stelle relativ stärker zu. — Die scheinbare Länge der Taststrecke hängt nach *v. Frey* und *Cook* auch vom Druck auf die Endpunkte ab; durch größeren Druck wird sie vergrößert. Nach *Gemelli* erscheint eine Taststrecke auf dem Arm kleiner, wenn der Arm möglichst weit weg, als wenn er in größter Nähe gehalten wird; den Grund vermutet er in der perspektivischen Verkürzung des visuellen Bildes. Bei den Blinden fehlte diese Verkleinerung.

Was die absolute Schätzung einer Taststrecke betrifft, so beobachtete *Wundt* stets erhebliche Unterschätzung. *Washburn* fand die Resultate um so genauer, je stärker Gesichtsbilder mitsprachen. *Fitt* (ArGsPs 32 [1914]) stellte fest: Gewisse Hautstellen (so der Ballen der Hand) schätzen die Distanzen ziemlich richtig; bei Hautstellen mit größerer Schwelle findet Unterschätzung statt, um so mehr, je größer die Schwelle, bei Stellen mit kleinerer Schwelle entsprechend Überschätzung.

2. Bei den geometrisch-taktilen Täuschungen herrscht über die Erklärungsmöglichkeiten, ja oft über die Gesetze selbst noch große Meinungsverschiedenheit.

Die Überschätzung der eingeteilten, ausgefüllten Strecke. Man kann eine gleich große leere und ausgefüllte Strecke entweder nach der Bewegungsmethode vergleichen, indem man etwa den Finger darüber hinführt, oder nach der Ruhemethode, indem der Tastreiz auf die Haut aufgesetzt wird. In beiden Fällen kann man die beiden Strecken entweder gleichzeitig oder nacheinander darbieten, auf derselben Hautstelle oder auf verschiedenen.

a) Bei der Bewegungsmethode war das gewöhnliche Resultat, daß die ausgefüllte Strecke überschätzt wurde, wenigstens bei kürzeren Strecken. So *Loeb, Dreßlar, Rieber*. Nach *Jaensch* erfolgt die Bewegung auf der geteilten Strecke infolge der Widerstände gegen die Bewegung langsamer; das Kriterium der Vergleichung ist die Gleichheit der Zeiten. Dauern die Versuche länger, so nimmt die Überschätzung ab; die Bewegungshindernisse werden immer mehr vernachlässigt. Die Täuschung wurde auch an Blinden beobachtet.

b) Bei der Ruhemethode werden nach *Nichols* ausgefüllte Spitzendistanzen überschätzt, nach *Parrish* unterschätzt; nach *Rieber* kurze unter-, lange überschätzt. *Cook* sonderte die Methoden genauer und klärte so die Verschiedenheit der Resultate auf. Wurden die beiden Strecken nacheinander geboten, so wurden die ausgefüllten Strecken regelmäßig unterschätzt, unabhängig davon, ob es lange oder kurze Strecken waren. Zu dieser Täuschung wirkt mehreres mit. Hauptsächlich wird nach der Lage der Grenzpunkte geschätzt, namentlich nach deren taktiler Verschiedenheit. Ist nun die Strecke ausgefüllt, so wird die Aufmerksamkeit von den Grenzempfindungen der Strecke unwillkürlich abgelenkt. Dieselben werden nach der Mitte verlegt, wenn das Urteil auf Grund einer wirklichen Lokalisation geschieht, oder, wenn es auf Grund der Unterscheidung der Endempfindungen gefällt wird, wird dieser Unterschied dadurch gestört, verdeckt. Deshalb ist die Täuschung der Unterschätzung größer, wenn die Füllspitzen subjektiv deutlicher sind. Anderseits läßt mit der Übung die Täuschung nach, indem die Hinwendung der Aufmerksamkeit auf die Grenzspitzen erleichtert wird.

Wurden dagegen die beiden Strecken zugleich geboten, etwa beide hintereinander in derselben Geraden, so wird die ausgefüllte Strecke überschätzt; am meisten geschieht das, wenn das Urteil auf Grund des unmittelbaren Tasteindruckes erfolgt, weniger stark, wenn auf Grund der Lokalisation am Arm. Die freien Endpunkte werden von der ausgefüllten Strecke „angezogen".

3. Auch das Pfeilmuster (die *Müller-Lyer*sche Figur) wurde auf taktilem Gebiete wirksam gefunden, teilweise genau wie auf visuellem Gebiet (*Robertson* und *Parrish*). Auch mehrere geprüfte Blinde zeigten dieselbe Täuschung, nur noch stärker und regelmäßiger. *Pearce* ordnet die Täuschung dem allgemeineren Begriff des „Nebenreizes" unter. Berührt man nämlich in gewisser Entfernung von einer kleinen Taststrecke noch einen Punkt, so vergrößert dieser die Strecke; er zieht gewissermaßen den näheren Endpunkt der Strecke an sich. Eine Strecke von 5,5 *cm* Länge, von der 8,5 *cm* entfernt ein Nebenreiz angebracht war, erschien gleich groß wie eine andere Strecke von 8,5 *cm* ohne Nebenreiz.

Die Täuschung des Kontrastes und der Angleichung. *Sobeski:* Wenn an zwei Linien einmal kurze, dann sehr lange Ansätze angefügt waren, erschien die letztere Linie kleiner als die erstere. Die Täuschung zeigte sich beim Tastsinn ähnlich wie beim Gesichtssinn, nur quantitativ stärker; bei Blinden war sie noch erhöht. *Jaensch* konnte bei Prüfung der Versuchsumstände zeigen, daß die Täuschung in allen Fällen auf der Zeitvergleichung beruht: man findet diejenigen Strecken gleich, die gleiche Zeit zum Durchfahren brauchen. Auch *Gelb* (6 CgEPs [1914] 36 ff.) wies eine deutliche Beeinflussung der Raumstrecken durch die zeitlichen Verhältnisse nach. Es wurden drei kurz aufleuchtende Lichtpunkte nacheinander dargeboten, die in einer Geraden lagen. Waren die Raumstrecken zu vergleichen, so richtete sich die Entfernung oft nach der zeitlichen Differenz. Hatten die Lichtpunkte die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks, so erschien häufig der Schenkel kürzer, dessen Zeitstrecke kleiner war. Ähnliche Erscheinungen boten sich auch beim Drucksinn und der Schallokalisation, so daß offenbar eine allgemeinere Täuschung vorliegt. *Benussi* erklärt sie daraus, daß die auffälligeren zeitlichen Verhältnisse auf die Raumstrecken übertragen würden.

§ 3. Der Ortssinn der Haut.

Literatur. *Rupp*, Über Lokalisation von Druckreizen der Hand, in ZPs II 41 (1907) 127 ff.

1. Bedeutung und Stellung zu den übrigen Fähigkeiten der Tastlokalisation. Der Ortssinn ist die Fähigkeit, eine berührte Hautstelle richtig

auf der Haut zu lokalisieren. Darin liegt etwas Neues. Man kann zwei Punkte vielleicht sehr gut räumlich voneinander unterscheiden, aber beide auf ein falsches Hautgebiet verlegen. *Spearman:* Es schließt sich an die Tastempfindung ein gewöhnlich schematisches, visuelles Bild der ganzen Umgebung an, in der der Ort der Tastempfindung richtig eingeordnet wird. *Spearman* möchte diese Fähigkeit lieber Hautlokalisation nennen. Einen Fall der Unabhängigkeit des Ortssinnes vom Raumsinn berichtet *Schittenhelm:* Tastreize wurden da mit fast normaler Genauigkeit lokalisiert, dagegen konnten zwei gleichzeitige Tastreize erst bei 10 *cm* Entfernung voneinander getrennt werden. Noch paradoxer ist ein Fall von *Spearman:* Der Ortssinn war sehr gut erhalten. Trotzdem konnten zwei Reize an demselben Gliedabschnitt nicht getrennt werden, selbst wenn sie nacheinander gegeben waren. Den Grund sieht er in der verschiedenen Richtung der Aufmerksamkeit: Beim Ortssinn beachtet man nicht die Qualität des Reizes, sondern die automatisch aufsteigende Vorstellung des umgebenden Hautbezirkes; beim Raumsinn dagegen merkt man sich die Qualität des ersten Reizes mit voller Aufmerksamkeit; durch diese Konzentration wird das automatische Aufsteigen des Bildes des Hautgebietes gehemmt, und wenn nun die Unterscheidung der Empfindungsqualitäten versagt, so ist der Raumsinn vollständig aufgehoben. Dieser pathologische Fall zeigt nach *Spearman,* daß der Ortssinn überhaupt eine höhere Entwicklungsstufe ist. Die Vorstellung des Hautgebietes braucht nicht mehr durch bewußte Empfindungsqualität ausgelöst zu werden, sondern sie ist durch die mechanisierende, jedes unnötige Mittelglied verdrängende Übung jetzt zu einer unmittelbaren Leistung des betreffenden Tastnerven geworden.

Die Abhängigkeit der Hautlokalisation von der Lage- oder Bewegungswahrnehmung ist nicht sehr groß, wie ziemlich übereinstimmend gefunden wurde, obwohl ein gewisser Zusammenhang nicht zu leugnen ist. *Messenger:* Wurden zwei Finger gekreuzt, so war die Zahl der Fehler viel größer, wenn die Finger dicht nebeneinander lagen, als wenn sie auseinander gespreizt waren. Die größere Verschiedenheit der Lage half im letzteren Fall. Dasselbe zeigt die subjektive Beobachtung: Die Versuchspersonen überlegten gewöhnlich erst, wie die Reize im Raum lagen, dann erst, welche Finger diese Raumlage hatten.

2. Die Untersuchung des Ortssinnes. Methodik. Die älteste Untersuchungsart stammt von *Volkmann* (1844): die Versuchsperson wird bei verbundenen Augen berührt, öffnet dann die Augen und zeigt auf die getroffene Stelle. Der mittlere Fehler wurde als Maß der Schärfe des Ortssinnes betrachtet. Er schwankte zwischen 1 *mm* an den Fingerspitzen und 4 *cm* am Oberarm; er zeigt also einen ähnlichen Gang wie der Raumsinn. — Acht Jahre später gab *Weber* die leichtere Methode an: Die Versuchsperson betastet mit noch geschlossenen Augen die Stelle mit einem Stifte nach, bis sie dieselbe gefunden zu haben glaubt. Auch er fand Proportionalität des Ortssinnes mit dem Raumsinn. *Spearman* bestätigt den annähernden Parallelismus beider Methoden; indessen ist die erste theoretisch reiner; bei der zweiten spielt noch der Raumsinn mit (bin ich zu einer Stelle gekommen, deren Qualität von derjenigen des berührten Punktes nicht mehr unterschieden werden kann, so werde ich nicht weiter suchen), die Zufälligkeit der ersten Berührung usw. — Theoretisch noch besser ist die zuerst von *Henri* versuchte Methode.

die Reizstelle auf einem Gipsmodell des betreffenden Gliedes, das daneben liegt, zu zeigen, oder sie in Worten möglichst genau zu beschreiben. Dagegen gehören andere Methoden in das Gebiet der Lagewahrnehmung; so die häufig von Ärzten angewandte Methode, beim Suchenlassen des gereizten Punktes durch Berührung nur die Genauigkeit der ersten Berührung zu berücksichtigen.

Resultate. Der Fehler ist hier regelmäßig zu große Annäherung an die Anhaltspunkte (*Henri*). Die Fehler sind kleiner an den Fingern als am Handrücken; dort sind mehr Anhaltspunkte, und die Tastempfindung ist eindeutiger. Um einen Finger richtig zu erkennen, wandte die Versuchsperson manchmal eine leise Bewegung mit demselben an. Wurde nur sehr leise berührt, um die Tastqualität möglichst auszuschalten, so wurden die Fehler etwas größer.

Rupp maß die Zeit, welche die genaue Lokalisierung eines berührten Punktes auf den Fingern erforderte. Die Berührungsempfindung wurde meist sofort an einen bestimmten Ort des Raumes lokalisiert (Lagewahrnehmung). Daran knüpft sich mehr oder weniger schnell ein visuelles Bild der Umgebung: zunächst das Bild des berührten Fingers in seiner Lage. Dieses Bild wird so lange verdeutlicht, bis eine Entscheidung über die Hand oder den Finger möglich ist. Meist bleibt das Bild auf die berührte Hand beschränkt. Bisweilen wird auch auf Grund des eigenartigen Gefühls der Berührungsempfindung geurteilt.

Die Fingerbestimmung war schwieriger, wenn die Hände im Gelenk gekreuzt waren, als bei parallel gehaltenen Händen. Der berührte Finger wird zuerst in seiner normalen Lage vorgestellt, oder es besteht wenigstens eine Neigung zu dieser Vorstellung, welche die andere hemmt. Noch schwieriger war es, wenn die Finger gekreuzt waren: Die Finger werden häufig relativ zur Reihe bestimmt; das wird erschwert, wenn alle zehn Finger eine Reihe bilden. Wurde die Hand so gedreht, daß der kleine Finger oben lag, nicht wie normal der Daumen, so wurde wieder die normale Lage zuerst vorgestellt, was zu einer Täuschung führen konnte oder wenigstens die Entstehung des richtigen Bildes hemmt. Bei besonders komplizierten Kreuzungen kommt oft erst das Bild des ganzen Handkomplexes; die genauere Lokalisation des Fingers ist verzögert, denn in dem wirren Durcheinander von Fingern kann oft der Finger nicht deutlich über die Kreuzung hinaus verfolgt und so erkannt werden. Bei einer sehr ungewohnten Stellung der Hand erscheint diese oft gegen die normale Lage zurückgebogen. Wenn nämlich die zu einer Nervenerregung gehörige Lagevorstellung selten, die zu einer ähnlichen Nervenerregung gehörende häufiger vorkommt, so kann die erste Erregung die zweite Lagevorstellung bewirken. Bei Bewegung verschwindet die Täuschung. Auch kann stets gleich der richtige berührte Finger bewegt werden, auch bevor er erkannt ist. — Für einige Beobachter ist für die Erkennung des Fingers ein spezifisches Gefühl maßgebend, ohne daß sie eine klare Anschauung der Lage haben. Dann ist die Bestimmung von der Lage unabhängig.

Die Erklärung der Handbestimmung. Sind die Hände gekreuzt, so tritt bisweilen eine Täuschung auf, indem der berührte Finger richtig rechts lokalisiert wird und sich daran die Vorstellung der rechten Hand sofort anschließt. Da die Vorstellung der Hand langsamer reproduziert wird, die Lagevorstellung des Ortes schneller, kann letztere schneller das Urteil bestimmen. Bei gekreuzten Fingern ist die Handbestimmung auch dadurch erschwert, daß man sich nicht auf die Lokalisation der Berührungsstelle im Raum verlassen kann; gewöhnlich wird die Hand erst bis zum Arm zurückverfolgt oder wenigstens die Richtung der Finger beachtet. Die Zurückverfolgung zum Arm ist aber schwierig, weil die Hand schwer zu sondern ist. Unter Umständen tritt freilich ein spezifisches Handgefühl ein, das die Hand auch erkennen läßt, wenn ihre normale Lage nicht erkannt wird. Danach kann die Berührungsstelle lokalisiert sein, bevor die Lage des Fingers und der Hand

erkannt ist: die absolute Lokalisation (Lagewahrnehmung). Das scheint widersinnig, da es doch die Lage des Fingers einschließt. Aber diese Lage braucht nicht im Bewußtsein vorzukommen; es genügen ihre physiologischen Erregungen.

3. Täuschungen des Ortssinnes oder Raumsinnes ergeben sich, wenn Teile der Haut eine anormale Entfernung bekommen; es wurden dann die Raumgrößen so beurteilt, als ob die Lage noch die normale wäre, oder das Resultat ist wenigstens in dieser Richtung verschoben. Dahin gehören:

Die Täuschung von *Czermak*. Verschiebt man die Lippen gegeneinander, die obere nach rechts, die untere nach links, und hält einen Bleistift vertikal so, daß er beide berührt, so erscheint er deutlich schief geneigt. *Menderer* (PsSd 4 [1908]): Waren die Punkte auf beiden Lippen normal 10 *mm* voneinander entfernt, so erschien bei Verschiebung der Lippen statt der objektiven Entfernung von 34,5 bloß eine subjektive von 11,5 *mm*; bei Verschiebung der Lippen nach oben und unten statt einer objektiven Entfernung von 56,8 eine subjektive von 21 *mm*. Die auseinandergezogenen Lippen kehren also subjektiv in die normale Lage zurück, wenn auch nicht ganz.

Der Aristotelische Versuch. Wenn man Zeigefinger und Mittelfinger kreuzt und zwischen beiden eine Kugel hält, so hat man den Eindruck, als berühre man zwei Kugeln, die um Fingerbreite voneinander entfernt seien. Es werden eben Teile von zwei Fingern berührt, die normal nur von zwei Kugeln berührt werden können. Bei Betrachtung des Fingers hört die Täuschung gewöhnlich auf. Viele andere Täuschungen sind Anwendungen desselben Prinzips. So gibt *Drobisch* an: Wenn man die gekreuzten Finger in einer Schachtel an zwei benachbarten Wänden entlang führt, glaubt man nicht den innern Winkel, sondern einen äußern Winkel der Schachtel zu betasten. — Auch eine Umkehrung der Täuschung läßt sich erzielen: Bringt man unter jeden der gekreuzten Finger ein Kügelchen und rollt es, so kann sich die Täuschung einstellen, daß man bloß eine Kugel rolle. *R. Ewald* (ZPs II 44, 1 ff.) gibt die Methode an: Man spannt zwei Bindfäden in 18 *mm* Entfernung voneinander; bringt man dann einen der Fäden zwischen die gekreuzten Finger und läßt die Finger an ihm entlanggleiten, so nimmt man deutlich die Doppeltheit wahr; bringt man dagegen die gekreuzten Finger zwischen die beiden Fäden und führt die gleichen Bewegungen aus, so glaubt man nur einen Faden zwischen den Fingern zu fühlen, den man von beiden Seiten her berührt.

Henri untersuchte zuerst die Täuschung quantitativ genauer. Die Versuchspersonen mußten möglichst wenig an die Lage der Finger denken, sich das Ganze ohne räumliche Teilung zusammenhängend vorstellen. Er berührte dann die zwei Finger und ließ ihre wahrgenommene Distanz mit der danebenliegenden Spitzendistanz vergleichen. Es fand sich: die Entfernung und Richtung erscheint so, als ob dieselben Punkte bei normaler Lage berührt worden wären.

Eine Erklärung der Täuschung gab schon *Aristoteles* selbst. Die äußern Seiten zweier Finger können gewöhnlich nicht dasselbe Objekt berühren, sie bilden zwei verschiedene Organe. Bei Kreuzung fahren sie fort, als zwei Organe zu dienen, und deshalb wird ihr Objekt wie immer als doppelt aufgefaßt. Die Doppeltheit des Organs wird mithin auf das Objekt übertragen, ähnlich wie bei einem Schiffer die Bewegung des Auges auf die Bewegung der Küste. Diese Erklärung wurde von den folgenden Forschern gewöhnlich so ergänzt, daß der Begriff der Assoziation zu Hilfe genommen wurde. Wegen der Erfahrung bewirken zwei Hautstellen, die gewöhnlich nur zwei Objekte berühren können, auch in anormaler Lage die Vorstellung zweier Objekte (*Drobisch*). Indessen muß als Bedingung hinzugefügt werden, daß die Lagewahrnehmung der gekreuzten Finger nicht so deutlich sein darf, daß sie das reproduzierte normale Lagebild nicht aufkommen läßt. Deshalb verschwindet

ja die Täuschung beim Hinsehen, verlangt Wegwendung der Aufmerksamkeit von der wirklichen Lage, möglichstes Aufgehen im Tasteindruck, nimmt oft deutlich allmählich zu, während man sich diesem Eindruck hingibt.

§ 4. Die Lagewahrnehmung.

Literatur. *Claparède,* Perception stéréo-gnostique et stéréo-agnosie, in AnPs 5 (1899) 65 ff.; vorzüglich aber *Spearman.*

1. Bedeutung und Bestandteile. Die Lagewahrnehmung ist die Fähigkeit, von einer berührten Hautstelle die absolute Lage anzugeben, z. B. die Lage der beliebig gehaltenen Hand im Raum vor mir, so daß ich etwa daraufhin auf einem Modell mit beweglichen Gliedern diese Stellung nachbilden könnte. Am reinsten hat man diese Bestimmung in denjenigen Versuchen von *Henri,* wo die Stelle nicht berührt, sondern nur von oben auf sie hingedeutet wird; oder auch wo nur die erste Berührung mit der Haut in Betracht gezogen wird; oder endlich wo die Lokalisation durch Blicklinien vermittelt wird (*Spearman*).

Die Lagewahrnehmung enthält nach *Spearman* sachlich drei Teilbestimmungen: 1) die Stelle des Gliedes, welche getroffen wird, was Sache des Ortssinnes ist (die segmentale Bestimmung); 2) die Größe der Winkel der in Betracht kommenden Gelenke (die artikuläre Bestimmung); 3) die Länge aller Zwischenglieder (die intermediäre Bestimmung). Diese drei Bestimmungen sind notwendig und genügend, um die Lage vollständig festzulegen; wenn eine fehlt, ist die Orientierungsfähigkeit aufgehoben. Ist bloß eine Bewegung wahrzunehmen, so genügt es, die Änderung des betreffenden Gelenkwinkels zu kennen; ebenso genügt dieses letztere, wenn es sich darum handelt, die Stellung eines Gliedes durch ein anderes symmetrisches nachzuahmen. — Der psychologische Unterschied der Teilbestimmungen: In der Ruhe lösen die (artikulären) Winkelstellungen keine merkliche Empfindung aus; trotzdem bestimmen sie mit erstaunlicher Genauigkeit die Lagevorstellungen aller Glieder. Nur in der Bewegung erzeugen sie merkliche Empfindungen, die aber viel zu wenig verschiedenartig sind, um zu ihrer Feststellung zu genügen. Die Bewegungsempfindungen sind eben sehr gleichförmig; sie haben nach *Spearman* höchstens 20 unterscheidbare Stufen, während doch das Schultergelenk 200 000 Stufen braucht, um alle unterscheidbaren Winkel anzugeben. — Die Ortssinnerregungen an der gereizten Stelle dagegen sind notwendig bewußt. — Für die Länge der Zwischenglieder endlich sind weder neue Empfindungen noch selbst physiologische Erregungen nötig: sie sind ja ganz konstant und können durch feste Assoziationen geliefert werden.

Die Lagewahrnehmung ist eine spätere Entwicklungsstufe als der Raumsinn und Ortssinn, schon wegen ihrer größeren Komplikation. Die Reproduktion der Lagevorstellung ist zu einer unmittelbaren Leistung der physiologischen Gelenkerregung geworden. Die Lagevorstellungen des berührten Punktes werden als unmittelbare Erlebnisse beschrieben: sie entspringen nicht aus Lagevorstellungen zentraler Körperteile, die nur ganz verschwommen vorgestellt werden. Die Lagewahrnehmung ist für das

gewöhnliche Leben von größter Wichtigkeit, um uns über die räumlichen Verhältnisse der Dinge zu unterrichten. Wenn dazu die genaue Vorstellung über die Lage der Finger, der Hände usw. notwendig wäre, wäre diese Erkenntnis sehr langwierig. In den Experimenten tritt die Lagewahrnehmung gewöhnlich zuerst auf (*Rupp*).

2. Untersuchungen der Lagewahrnehmung. Die früheren Versuche litten oft an einer Verkennung des Wesens der Lagewahrnehmung. Fast ausnahmslos wird die Schuld eines Lokalisationsfehlers auf das sich grade bewegende Glied geschoben. Indessen kann derselbe auch am ruhenden Arm liegen, der vielleicht nicht richtig lokalisiert war. Auch wurde bei der Methode der mittleren Fehler das variable Element nicht von dem konstanten getrennt. Da nun recht wohl konstante Fehler bestehen können, welche die Lokalisationsfeinheit nicht angehen, bekommt man so unbrauchbare Resultate. — Allgemein anerkannt war etwa folgendes: Es besteht eine Neigung, die Lage des gereizten Armes sich zu tief vorzustellen (*Henri*); ebenso bei der Blicklokalisation die Richtung nach dem Körper hin zu bevorzugen (*Henri*); wenn ein Arm zu einem andern symmetrisch gestellt werden soll, so besteht eine Neigung zu einer bequemeren Lage (*Kramer*); die Lokalisation eines Reizes wird nach einem gleichzeitigen hin abgelenkt (*Pearce*). Nach *Kramer* und *Moskiewicz* sind beim Wiederfindenlassen einer berührten Stelle im Raum die durchschnittlichen Abweichungen etwa 1 *cm*; etwas größer, wenn die erste Stelle durch passive Bewegung hergestellt war. Ist zu einem Arm die symmetrische Lage des anderen aufzufinden, so glückt das recht gut; Belastung einer Hand hindert nicht daran.

Spearman untersuchte die normalen Täuschungen, d. h. die bei ganz natürlichen Lagen des Armes entstanden. Es fand sich 1) eine Ortssinn-Täuschung: Wenn mehrere Lagebestimmungen an benachbarten Hautstellen aufeinander folgen, entwickelt sich eine starke dauernde Verschiebung (bis zu 8 *cm*) der Lage nach dem Zentrum des gereizten Hautgebietes; 2) eine Gliedlängen-Täuschung: Der Arm erleidet unter Umständen eine scheinbare Verkürzung (bei einer Versuchsperson ging es bis zu 40 *cm*), ähnlich der bekannten scheinbaren Verkleinerung bei Amputierten; 3) eine Winkel-Täuschung: Es wird die Abweichung von dem häufigst vorkommenden Winkel unterschätzt. So bewirkt beim stark angezogenen linken Arm diese Unterschätzung eine scheinbare Drehung nach links. Ebendarauf beruht eine starke Vertikaltäuschung: Ein Beobachter meinte, sein Arm liege 15—20 *cm* unter dem Schirm, während es in Wirklichkeit 2 *cm* waren. Diese Täuschung ist etwa viermal so stark für ruhende Gelenke als für bewegte. Auch Blinde zeigten alle diese Täuschungen, nur meist in kleinerem Umfange. Die Konzentrierung der Aufmerksamkeit auf die Tastempfindung erhöht die Täuschung außerordentlich.

Die Erklärung bietet für die Gliedlängen- und Winkeltäuschung keine besondern Schwierigkeiten. Das ihnen Gemeinsame ist, daß die neu auftretenden Lagewahrnehmungen gegen die Mitte der vorher gebotenen hin verlagert werden. In denselben Zusammenhang gehören viele der eben genannten Resultate: so die Neigung, den Arm sich zu niedrig vorzustellen (*Henri*) als Fall der Winkeltäuschung: daß der eine Arm, der zum andern symmetrisch gestellt werden soll, immer zu einer bequemeren Lage hinneigt; die anziehende Wirkung des Nebenreizes, ein Fall der Ortssinntäuschung. Alles das läßt sich dem *Wundt*schen Gesetz der assoziativen Angleichung unterordnen: Jede vorangegangene Vorstellung strebt, die ihr unmittelbar nachfolgenden ähnlichen in ihrem Sinne zu ändern. Wir haben hier einen ähnlichen Fall wie bei der Aristotelischen Täuschung. Wenn die Aufmerksamkeit etwas abgelenkt ist, strebt statt der ungewohnten Stellung die normalere, bequemere einzutreten. Für die scheinbare Verkürzung des Armes bringt *Spearman* vor, daß das

System der Tasterregungen und die Vorstellungen des umgebenden Raumes nicht dasselbe sind, sondern bloß durch eine lange Entwicklung aneinander angepaßt wurden, was durch die Ablenkung der Aufmerksamkeit stark zurückgedrängt werde. — Indessen ist unklar, warum der Tastraum so ungeheuer viel kleiner sein soll, als der Gesichtsraum. Nach einer Bemerkung von *Rupp* liegt es näher, daß die Umstände der Versuche eine besonders nahe Lage der berührten Hautstelle bewirkten, vielleicht infolge der Neigung, die dem Körper nähere Lage zu bevorzugen. Die scheinbare Verkürzung des Armes wäre dann eine Folgeerscheinung, bei der die Ablenkung der Aufmerksamkeit nur die negative Rolle spielt, die gewohnten Lagevorstellungen nicht durchdringen zu lassen.

Das Fehlen der meisten Tastraumbestandteile veranschaulicht ein Fall von *Goldstein* und *Gelb,* wo auch die optischen Vorstellungen ausgefallen waren. Die Tastempfindlichkeit war wenig herabgesetzt; stark dagegen Ortssinn, Raumsinn, Schätzung der passiven Bewegung nach Größe und Richtung. Bei ruhendem Körper und geschlossenen Augen konnte der Kranke nicht angeben, ob Arm, Bein oder Rumpf berührt war. Er griff auch nicht automatisch dahin, kann nicht auf einem Modell die berührte Stelle angeben. Er findet keine Qualitätsunterschiede bei Berührung verschiedener Stellen. Die Lokalisierung ist ihm nur durch Tastbewegungen möglich; diese beginnen im ganzen Körper, gehen allmählich auf die berührte Stelle, deren Berührung solange aufrecht erhalten werden muß, auf die dann der Finger losfährt. Im einzelnen sucht er bei wagrecht gehaltenem Arme durch pendelnde Bewegungen im Schultergelenk, dann im Ellbogengelenk, dann des Gesamtkörpers zur Feststellung der aufrechten Haltung sich klar zu werden. Diese Lagen erkennt er nur an ihren ausgezeichneten Punkten, z. B. daran, daß der Ellbogen in einer bestimmten Richtung nicht weiter kann. Daß er selbst horizontal liegt, merkt er am Druck im Rücken; die aufrechte Stellung am Druck in den Sohlen und den Empfindungen im Knie. Das Nachmachen einer passiv erteilten Bewegung auf der andern Seite gelingt nur bei den ausgezeichneten Stellungen, die er auf Grund der vorerst von ihnen gewonnenen Erkenntnis ausführt. Bei passiven Bewegungen merkt er nur die Tatsache der Bewegung. Welches Glied bewegt wird, muß er erst suchen und dessen Lage mit der vorherigen vergleichen.

3. a) Die Körperwahrnehmung (Stereognosis) ist eine Anwendung der Raumerkenntnis des Tastsinnes auf die Formverhältnisse des betasteten Körpers, also die Fähigkeit, die Formen und Körperverhältnisse berührter Objekte zu bestimmen. Sie ist nichts Einfaches, sondern ein Zusammenwirken von vielen Bedingungen. Wie *Hoffmann* (1883) nachwies, ist sie aus den Empfindungen des Tastsinnes, des Raumsinnes der Haut, der Widerstände usw. zusammengesetzt. Man umfaßt das Objekt, betastet und bewegt es. Oft sind wir dadurch auch im Dunkeln über seine Form sehr schnell klar, während wir bei ungewohnten Formen erst gewissermaßen buchstabieren müssen. Die gewöhnlich vorkommenden Formen haben wir nämlich im Gedächtnis und lassen durch sie ein Erkennungszeichen wecken. Bei einem Quadrat sind z. B. vier scharfe Empfindungen das Entscheidende; sind die Ecken abgerundet, so erkennen wir das Quadrat nicht mehr; sondern statt dessen eine runde Figur. Eine Kugel erkennen wir daran leicht, daß sie über die Hand rollt. Darauf beruht ja auch, daß wir eine Karikatur an wenigen Strichen erkennen; die notwendigen Ergänzungen werden aus dem Gedächtnis geliefert.

Genauer kann es sich bei der Erkennung einer Form nach *Wernicke* um eine primäre oder sekundäre Identifikation handeln. Die primäre Identifika-

tion besteht in der Zusammenordnung der Empfindungen des betreffenden Sinnes zu einer Gestalt, zu einer richtigen Auffassung dessen, was unmittelbar gegeben ist (die Formwahrnehmung), die sekundäre dagegen im Verständnis der Bedeutung der Form für den Gebrauch (die Dingwahrnehmung). Wenn die primäre Identifikation ausgefallen ist, haben wir (*Wernicke*) eine Tastlähmung, die Stereoagnosie in engerem Sinn. Dabei ist die Empfindung mehr oder weniger gut gewahrt, aber die Fähigkeit, die Formen durch Betasten wiederzuerkennen, ist verloren gegangen. In der klinischen Praxis fragt man gewöhnlich nicht nach der Form der Objekte, sondern nach ihrem Namen, ihrer Bedeutung. Das ist die sekundäre Identifikation, das Verständnis der Objekte. Wir wissen, wozu das Objekt dient. Wenn diese Assoziationen nicht mehr erreichbar sind, haben wir eine andere Störung, eine seelische Asymbolie. Gewöhnlich macht sich diese taktile Asymbolie nicht bemerklich, weil sofort die Gesichtsvorstellungen ergänzend eintreten. Nur bei den Blindgeborenen ist sie von Bedeutung.

b) Ein Beispiel des teilweisen Ausfalls dieser Körperwahrnehmung haben wir im vorgenannten Fall von *Goldstein* und *Gelb*. Die Schätzung der Größen und Körper geschah durch Bewegungen zwischen den Fingern. Für die absolute Längenschätzung benutzt der Kranke ausgezeichnete Stellungen. Er weiß, daß er mit gespreizten Fingern 10 *cm* faßt; daß die Faust zehnmal aufeinandergestellt 1 *m* gibt. Er bemerkt durch Hinführen mit dem Daumen, ob ein Winkel ein rechter ist oder größer oder kleiner. Er erkennt Flächenfiguren, Rechteck, Scheibe, Rhombus durch Betasten richtig, indem er die Ecken, die Geraden, Krümmungen nachfühlt und daraus auf das Ganze schließt, aber ohne Gesamtbild (?). Den Würfel erkennt er aus der Zahl der Ecken, der Gleichheit der Kanten, den rechten Winkeln. Gegenstände werden ihm durch einzelne Eigenschaften bekannt, wie Samt, Schwamm, Watte, Löffel, Flasche, Schere. Viele andere erkennt er nicht, obwohl er die Gestalt oft genau beschreibt, wie beim Kerzenstummel. Beim Löffel findet er durch Hineinfassen, daß er hohl ist, durch Nachfahren, daß er oval ist, daß daran noch etwas Langes sitzt, daß der Gegenstand kalt und hart ist; das genügt ihm für die Erkenntnis des Löffels. Er kann auch nicht erkannte Gegenstände nachzeichnen, aber so, daß er die Form richtig benennt und dann diese absolut zeichnet; so beim Kerzenstummel: er sei walzenförmig, dicker, wie der kleine Finger, so lang wie dieser, unten sei etwas daran, wie ein Fingernagel.

Kraus beschreibt neben andern folgende Tasttäuschung (ArGsPs 35): Hält man einen Bleistift zwischen zwei Fingern und rollt ihn hin und her, so hat man bald den Eindruck, daß er an der gefaßten Stelle dünner sei, die Stelle greift etwas in die Fingerbeeren ein, die aber so vorgestellt werden, als wenn die fassenden Fingerstellen nicht verschoben wären und in den Bleistift eingriffen.

In andern pathologischen Fällen wird das berührte Objekt bedeutend überschätzt (Makroästhesie), oder auch mehreremal statt einmal gefühlt (Polyästhesie).

c) *Katz* (Die Erscheinungsweisen der Tasteindrücke, 1920) findet auch bei den Tastwahrnehmungen die Unterschiede, wie bei den verschiedenen Erscheinungsweisen der Farben. Durch Betasten kann man die verschiedensten Materialien unterscheiden: Metall, Glas, Holz, Tuch, Papier. Ähnlich wie von Oberflächenfarben kann man von Oberflächenbetastungen reden. Wenn man eine Oberfläche von Holz, Glas usw. betastet, fühlt man eine zusammenhängende lückenlose Tastfläche, die an der Oberfläche des Körpers liegt und alle seine Krümmungen mitmacht. Sie kann jede Lage im Raum haben sowie jede Orientierung zum Wahrnehmenden. Dagegen ist den Flächenfarben der Eindruck vergleichbar, wenn man auf die Hand bläst. Dieses Tasten hat keine Einordnung zu einer geformten Oberfläche, keine feste Lage im Raum. Den Raumfarben entspricht es, wenn man durch eine Decke hindurch einen

Gegenstand durch Tasten erkennen will. Man hat den Eindruck einer von einer weichen Masse raumhaft ausgefüllten Schicht. Neben der Oberflächenbetastung besteht die durchtastende Fläche.

Neben diesen primären Erscheinungsweisen gibt es auch sekundäre bei Oberflächenbetastung. Dazu gehören hart, weich, rauh, glatt. Papierflächen werden nach der Rauhigkeit unterschieden, wenn die Niveaudifferenz wenige tausendstel Millimeter beträgt. Von den verschiedenen Tastvorstellungen eines Gegenstandes wählen wir diejenige der empfindlichsten Hautstelle aus. Für die Leistungen müssen die Tastorgane in ihrem natürlichen Zusammenhang erregt werden, nicht in ihren Elementen; sie müssen in Bewegung sein.

4. Die Gewichtswahrnehmung (*Friedländer,* Die Wahrnehmung der Schwere, ZPs 83 [1920]). a) Die meisten Sinnesempfindungen werden als Eigenschaften von Objekten wahrgenommen, werden objektiviert. Man kann eine Abstraktionseinstellung, die vom Objekt absieht, mit einer Gegenstandseinstellung vergleichen, die darauf achtet. Bei Abstraktionseinstellung fallen die Druckempfindungen auf, wenn man die Hand mit dem Gewicht auf dem Tisch auflegt; beim Wägen in der Luft die Spannungs- und Kraftempfindungen, deren Lokalisierung weniger bestimmt ist; daneben Empfindungen im Arm, Gelenken usw. Bei der Gegenstandseinstellung gehen die Empfindungen in den Gliedern zurück: der Gegenstand scheint nun von der Schwere erfüllt zu sein, die mit der gesehenen Erscheinung eine Einheit bildet. Der Schwereinhalt hat die Qualität der Kraftempfindungen, nimmt zu und ab, hat seinen Sitz im gehobenen Gegenstand, erscheint als dessen Eigenschaft, verbreitet sich über ihn, wenn auch nicht gleichförmig, am meisten wohl in seinem Kern. Bei zwei Gegenständen von gleichem Gewicht und verschiedenem Volumen zeigt deshalb der größere eine geringere Dichte, ein geringeres spezifisches Gewicht. Bei besondern Vergleichungen auf spezifisches Gewicht finden alle, daß dieses Urteil nicht auf Überlegung beruhe, sondern auf der sinnlichen Wahrnehmung. Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes beeinflußt das Urteil des absoluten Gewichtes stark. Ist das Verhältnis der spezifischen Gewichte größer als das der absoluten, so setzt sich das erstere durch, auch wenn man die absoluten Gewichte vergleichen will. So wurde der Holzzylinder von 950 *g* für leichter gehalten, als der Messingzylinder von 500 *g*.

Die Schwere sind die in den Gegenstand verlegten Kraftempfindungen. Wie bei *Goldscheider* bestätigte sich bei Ausschaltung der Druckempfindungen, daß die in den Muskeln lokalisierten Spannungs- und Schmerzempfindungen nicht bei mittleren Gewichten bewußt werden, sondern erst bei großen. Der Gegenstand erscheint trotz Gegenstandseinstellung manchen masselos, nur seine Bewegung ist erschwert. Das legt nahe, daß die Muskelempfindungen nicht außerhalb des Körpers verlegt werden, daß sie zu den Gemeinempfindungen zu rechnen sind. Ohne Druck sind es wohl die Sehnenempfindungen, die im gehobenen Gegenstand die Schwere ausmachen. Setzt man das Gewicht auf die unbewegte Hand, so kann man, wenn auch mit Mühe, Schwere in den Gegenstand verlegen; daneben kommen noch Druckempfindungen in der Hand vor. Schwere und Druck sind qualitativ gleich. Man kann deshalb ein auf Druck wirkendes Gewicht mit einem auf Spannung wirkenden vergleichen, wenn man nur auf die Schwere achtet, nicht, wenn auf die Empfindungen.

Die Objektivierung der Druckempfindung braucht zu ihrer Entwicklung und Ausbreitung auf das ganze Volumen Zeit; auch dauert die Schwerewahrnehmung mit dauerndem Reiz nicht an, sondern verwandelt sich in 1—2″ oder etwas mehr wieder in die reinen Druckempfindungen, die in den Gliedern lokalisiert sind und Minuten lang andauern können. Es liegt offenbar im Einsetzen und Anwachsen der Druckerregung etwas, was die Objektivierung begünstigt. Die Schwereempfindung ist auch bei schwächsten Reizen zu erreichen, womit der Grund fällt, Druck und Berührung

qualitativ zu unterscheiden. Der Unterschied liegt nur an der größeren Flüchtigkeit, der Lokalisierung in den höchsten Hautschichten und dem Anklingen von leisen Kitzelempfindungen. Auch wenn die Fläche so klein wird, daß Schmerz entsteht, gelingt bei starker Aufmerksamkeitsspannung die Objektivierung; die aber bloß den Druck betrifft, während der Schmerz in der Haut sitzt oder gar nicht lokalisiert ist. Die Stärke des Druckes scheint nun zurückzugehen, da sie vorher durch Verschmelzung mit dem Schmerz gesteigert erschien (das ist auch nach *v. Frey* der Grund, weshalb kalte Gewichte schwerer erscheinen).

Psychische Bedingungen der Schwerewahrnehmung: Wenn man sieht, daß ein anderer den Druck des gehaltenen Gewichtes noch durch seinen Druck steigert, wird dieser trotzdem als Schwere des Gegenstandes wahrgenommen. Für die Objektivierung muß aber die Aufmerksamkeit auf das Ding als Masse gehen, nicht im optischen aufgeben. Wenn bei längeren Versuchen die Schwere nicht mehr interessiert, verschwindet die Schwerewahrnehmung. Im Dunkeln genügt die starke Vorstellung zur Objektivierung. Dagegen ist sie erschwert, wenn der Gegenstand an einem Faden gehoben wird. Die Objektivierung verlangt die Richtung der Aufmerksamkeit auf den Gegenstand, die Wahrnehmung des gewohnten Wirkungszusammenhanges. Sie gelingt bloß anfangs; die gegenständliche Bedeutung des Reizes ist eben anfangs beim Heben größer als nachher beim Tragen. Ähnliche Objektivierungen sind die Glätte, Starrheit, Weichheit, die man ebenso als Eigenschaften den Dingen ansieht; auch entstehen sie ähnlich. Die Härte des Tisches ist beim Daraufstoßen klar, nicht nachher; die Objektivierung des Schalles ist nur bei Gleichzeitigkeit klar. Beim Schmerz überwiegt die Empfindungseinstellung, teils wegen der oft innern Ursachen, teils wegen des eindringlichen Gefühls. Daß die Schwere auch auf das Innere der Gegenstände bezogen wird, liegt an der Erfahrung, daß es nicht auf die Oberfläche, sondern auf das innere Gefüge ankommt.

b) Die Gewichtstäuschungen (*Friedländer,* ZPs 84 [1920]). Die Täuschung des gleichen Gewichtes bei verschiedenem Volumen wurde zuerst von *Charpentier* 1891 angegeben. Gegen die Erklärung von *Müller-Schumann* (S. 156) spricht, daß die Täuschung auch bei bloßem Aufsetzen des Gewichtes auf die unterstützte Hand besteht, dasselbe gilt von der Täuschung durch verschiedenes Material. Da ist die Erklärung durch verschiedene motorische Impulse unmöglich. — In Wirklichkeit wirken zwei Täuschungsmotive: außer der Erwartung noch die Beurteilung der spezifischen Gewichte. Das spezifische Gewicht (wobei der Körper massiv und homogen gedacht wird) bewirkt, daß man das Gewicht schon deshalb schwerer nennt, weil es spezifisch schwerer ist, der naive Beurteiler verwechselt beides. Das wirkt bei gewichtsgleichen Körpern in gleicher Richtung wie die Erwartung. Bei der Materialtäuschung fehlt das und wirkt die Erwartung allein. Öfter wurden von Beobachtern die zwei Neigungen als gegeneinander kämpfend angegeben. Die Materialtäuschung kann man schneller durch Übung überwinden, indem man auf die Erwartungsvorstellung nicht mehr achtet. Dagegen ist die Volumtäuschung viel hartnäckiger. Bei Abstraktionseinstellung wird die Täuschung gehemmt. Die Täuschung nimmt mit wachsender Schwere ab, wo die Aufmerksamkeit mehr auf die Empfindungen geht. Die Täuschung ist bei einmaligem ruckweisen Heben kleiner, als bei wiederholten kleinen Abwägungen, die ja die Gegenstandseinstellung begünstigen, die Zeit braucht.

5. Die taktile Bewegungswahrnehmung: Die Schwelle für Bewegungen ist an verschiedenen Hautstellen verschieden; sie ist immer geringer als die Simultanschwelle für zwei Punkte. Nach *Czermak* erscheint eine gleiche Bewegung auf einer Hautstelle mit feinerem Raumsinn schneller. Nach *Hall* und *Donaldson* hängt die Erscheinung einer Bewegung fast nur von der Größe der zurückgelegten Strecke ab, nicht von der Geschwindigkeit.

Die Lokalisation durch Bewegungen (*Goldstein* und *Gelb*). Die Normalen haben zwei Arten zu lokalisieren: 1) die automatische, die ohne Überlegung und deutliches Bild geschieht, etwa auf Insektenstich hin. Da ist die erste Bewegung ungenau und die Berührungsempfindung leitet den Finger weiter. 2) Die willkürliche Lokalisation, wobei Gesichtsvorstellungen und Tastempfindungen mithelfen. Der früher erwähnte Kranke von *Goldstein* und *Gelb* hatte nur die automatische: der Finger schießt darauf los und sucht dann planlos weiter. Er hat keine Lokalisation der Hautempfindungen, die sonst weiter leiten. Bei ihm treten dafür die Bewegungsempfindungen auf, die durch Tastzuckungen entstehen. Eine der Bewegungen nämlich trifft schließlich auf den leisen Widerstand an dem angehaltenen intensiven Druck. Die qualitativ bestimmte Bewegungsempfindung weckt die Vorstellung des Gliedes, etwa des Armes. Nun bewegt der Kranke die Teile dieses Armes, bis er ein deutlichstes Zusammentreffen der Druckempfindung mit der Bewegung hat. Darauf erfolgt automatisch (reflektorisch) die Lokalisationsbewegung, die nur genauer ist, wenn der bewegliche Körperteil besonders klein ist, wie der Finger. Nur beim Kopf beginnen die Tastzuckungen unmittelbar bei ihm. Das normale Kind fängt auch an wie der Kranke; es bewegt alle Muskeln, lernt erst allmählich finden. Dann beschränken sich die Tastzuckungen immer mehr auf die Gegend der gereizten Stelle. Später treten die Zuckungen nicht mehr auf, außer gegenüber bestimmten Reizen wie Stichen. Auch sind später die Lokalisationsbewegungen nicht mehr an die Bewegungsempfindungen gebunden, sondern an die Assoziationen, die durch die Hautreize geweckt die Lokalisationsbewegung auslösen.

Die aktiven Bewegungen waren dem genannten Kranken bei geschlossenen Augen schwer; er macht dafür erst Bewegungen mit dem ganzen Körper, die er einschränkt, bis etwa das Bein übrig bleibt, das er bewegen will. Dann sucht er durch Bewegungsversuche diejenige, die die bekannten kinästhetischen Empfindungen gibt, die etwa der verlangten Kreisbewegung entsprechen. Bei Hinschauen auf das Glied führt er die Bewegung wie ein Normaler aus. Seine Bewegungen im gewöhnlichen Leben, die oft sehr gewandt sind, sind automatisch.

§ 5. Die Raumlokalisierung der Objekte im allgemeinen.

Literatur. *Katz,* Psychologische Versuche mit Amputierten, in ZPs 85 (1920); ders., Zur Psychologie des Amputierten und seiner Prothese, in ZAngPs, Beiheft 25 (1921).

1. Im entwickelten Seelenleben werden alle Tastempfindungen und Empfindungen mancher anderer Sinne in nähere Beziehung zu Orten des Gesichtsraumes gebracht, „dort wahrgenommen". Die Lokalisierung kann eine doppelte sein, entweder an einem Außending (Objektivation) oder an einer Stelle des eigenen Körpers (Subjektivation); man spricht bei ersterem auch von Projektion. Nur darf man das nicht dahin mißverstehen, als werde eine Empfindung erst innerhalb des Körpers wahrgenommen und dann durch einen weiteren Prozeß hinausbefördert. Der Sinn der Redeweise ist einfach der: in dem teils gesehenen teils vorgestellten Schema der Körperwelt werden die Objekte einiger Empfindungen an Stellen des eigenen Körpers wahrgenommen, die Objekte anderer an fremden Körpern. Die Projektion ist nichts anderes als das Sehen oder Tasten einer Entfernung zwischen den Objekten.

Das allgemeine Gesetz der Lokalisation sagt aus: Die Empfindung E wird an demjenigen Ort des Gesichtsraumes lokalisiert, dessen visuelle Vorstellung V durch die gegebene Empfindung E in das Bewußt-

sein eingeführt wird und mit ihr verschmilzt; sei es, weil beide in der Erfahrung sich miteinander assoziiert haben, sei es, weil *V* unter den gegebenen Umständen sich in einer besonders hohen Bereitschaft befindet. So trat eine Schallempfindung in der Regel dann auf, wenn gleichzeitig ein tönender Körper draußen wahrgenommen wurde; daher die starke Neigung, Schallempfindungen auf ein äußeres Objekt zu beziehen. Anders bei Tastempfindungen: so oft ich eine solche hatte, war regelmäßig an einer bestimmten Stelle meiner Haut etwas eingetreten, eine stechende Mücke usw. Infolgedessen werden Tastempfindungen ohne weiteres am eigenen Körper wahrgenommen.

2. Eine Anwendung ist das Gesetz der exzentrischen Projektion: Empfindungen, die durch innere Reize entstehen, werden in derselben Weise lokalisiert wie diejenigen, die durch den adäquaten Reiz erregt wurden. Empfindungen des Geschmacks lokalisieren wir auf die Oberfläche der Zunge, da dafür eine feste Assoziation durch Gewohnheit besteht. Wird nun einmal die chorda tympani hinter dem Trommelfell gereizt, so wird die ausgelöste Geschmacksempfindung wieder auf die Oberfläche der Zunge verlegt. Jede Tastempfindung verlegen wir aus gleichem Grunde an das periphere Ende des Tastnerven, nicht bloß wenn die Empfindung wirklich peripher war, sondern auch sonst: beim Ameisenlaufen, Kribbeln in den Gliedern, das bisweilen bei Reizung des Nerven oder des Zentrums eintritt. Nicht die Qualität der Empfindung ist hier entscheidend, sondern die Gleichheit des Nerven (physiologische, nicht psychologische Assoziation).

Eine Bestätigung des Gesetzes sind die Illusionen der Amputierten. *James* erhielt bei einer Umfrage darüber 185 Antworten, bei drei Vierteln der Fälle bestand die Täuschung noch. Das Gefühl war besonders lebhaft gewesen in der ersten Zeit nach der Operation; aber selbst bei einem 70 Jahre alten Manne war das Gefühl eines mit 13 Jahren abgenommenen Schenkels noch lebendig. Die Empfindungen in den verlorenen Gliedern waren vielerlei: Ameisenlaufen, Kitzel, Einschlafen der Glieder, Kälte, Wärme, Bewegung, Muskelspannung.

Gewöhnliche Illusionen gehen bei Beachtung zurück. Dagegen wird das fehlende Glied mit größter Bestimmtheit und Hartnäckigkeit erlebt. Das Scheinglied drängt sich im Bewußtsein stärker auf, als das erhaltene. Oft will der Amputierte mit dem Scheinglied nach einem fallenden Gegenstand greifen, besonders morgens bald nach dem Aufstehen. Im Scheinglied sind die periphersten Teile am stärksten vertreten, die andern um so seltener, je näher sie dem Stumpfe kommen. Das Glied erscheint fast immer verkleinert, oft bis auf die Größe einer Kinderhand, die dicht am Stumpfe sitzt. Wenn man mit dem Scheinglied einer Wand nahe kommt, kann es sein, daß es scheinbar in die Wand eindringt, bisweilen nach anfänglichem Ausweichen. *Mitchell* und *Pitres* fanden, daß die Illusion durch Kokain geschwächt, durch elektrische Reizung des Stumpfes verstärkt wird. Das beweist, daß die Illusionen durch Erregung des Stumpfes ausgelöst werden. Das normale Erlebnis unsrer Glieder hat sich allmählich durch innere und äußere Reize entwickelt, die Spuren hinterlassen, so daß nun später auch andere Reize am Stumpfe dieselben wecken können (wegen Gleichheit des Nerven, wie vorher gesagt). Daß die periphersten Glieder, die Finger vorherrschen, mag daran liegen, daß die Finger die eigentlichen Tastglieder, die Reize von ihnen die weitaus häufigsten sind. Die Schrumpfung des Scheingliedes weist darauf hin,

daß sich im Kinde umgekehrt die Armvorstellung allmählich entwickelt hat. Die Länge wird wohl durch beständige Eindrücke von der Haut her aufrecht erhalten und mit deren Zurücktreten später allmählich abnehmen. Die Bewegungsillusionen der fehlenden Hand entstehen von innen auf Willensentschluß hin. *Müller* und *Schumann* nahmen an, daß da eine wirkliche Bewegung am andern Gliede geschehe, die falsch lokalisiert werde. Aber sie kommen auch bei Doppelamputierten vor. *Katz* hält sie für zentral bedingt; sie treten nur an Gliedern auf, die schon in der Ruhe illusorisch gegeben sind. Für *Ach* dagegen ist das Wesentliche für die Scheinbewegungen nicht das Erinnerungsbild, sondern die Spannungsempfindung im Muskel, die der wirklichen Ausführung zugeordnet ist.

Auch gewisse Fälle von Transplantation der Haut gehören hierher. Die abgeschlagene Nase wird oft künstlich ersetzt, indem man von der Stirnhaut einen Teil halb lostrennt und herumschlägt, um die Bedeckung der neuen Nase zu bilden. Meist ist dieser neue Teil unempfindlich. Wenn aber die verbindende Hautbrücke zufällig so angelegt wurde, daß ein Nervenast der neuen Nasenbedeckung in Zusammenhang mit dem Stamm blieb, so tritt die merkwürdige Erscheinung ein, daß eine Berührung der neuen Nase ganz deutlich an die Stirn verlegt wird, desto höher hinauf, je näher dem unteren Ende der neuen Nase. Später entwickelt sich in der Nase auch eine richtig lokalisierte Empfindung, indem neue Nerven in die transplantierte Haut hineinwachsen.

3. Scheinbare Ausnahmen vom Gesetz. Der Gesichtsschmerz wird häufig längs des ganzen Nerven gefühlt. Nach unserem Gesetz sollte man erwarten, daß er an das periphere Ende des Nerven verlegt werde. — Allein dies erklärt sich durch die Nerven, die seitlich in das Gewebe eindringen, das der Hauptnerv durchzieht, und dort endigen. Wenn dann der große Nerv entzündet ist, kann der Schmerz überall dorthin lokalisiert werden, wo diese seitlichen Nerven endigen, d. h. längs des ganzen Verlaufes des großen Nerven.

Die Tastempfindung wird zuweilen außerhalb des eigenen Körpers verlegt. Wenn der Arzt mit der Sonde eine Kugel in der Wunde sucht, glaubt er die Kugel an der Spitze der Sonde zu fühlen. Wenn man auf Stelzen geht und sich vergewissert, ob der Boden hart oder weich ist, glaubt man das mit der Spitze der Stelze zu fühlen. Trotzdem haben wir hierin keine wirkliche Ausnahme. Wir haben nur den Fall, daß eine gewisse Ortsvorstellung sich in großer Bereitschaft befindet und deshalb mit der Tastempfindung verschmilzt. Die Aufmerksamkeit ist hier auf die Kugel, auf den Boden usw. gerichtet. Schon *Lotze* hat bemerkt, daß gerade dieses Hinausverlegen der Tastempfindung dem Handwerkszeug seine Brauchbarkeit verleiht (Medizin. Psych, 428 ff.). Alle Leichtigkeit in der Benutzung der Feder beim Schreiben setzt voraus, daß die Größe und Richtung des Druckes auf das Papier beständig beachtet und geschätzt wird: das muß im Vordergrund der Aufmersamkeit stehen.

§ 6. Der Tastraum der Blinden.

Literatur. *Heller,* Studien zur Blindenpsychologie, in PhSd 11 (1895) 226 ff. — *Kunz,* Geschichte der Blindenanstalt zu Illzach-Mülhausen, 1907. — *K. Bürklen,* Das Tastlesen der Blindenschrift, in ZAngPs, Beiheft 16 (1917). — *P. Villey,* Le monde des aveugles, 1918.

Nur beim Blinden haben wir einen reinen Tastraum. Beim Sehenden wird er immer durch Assoziation mit dem mächtiger entwickelten, klareren Gesichtsraum ersetzt. Auch wenn wir im Dunkeln Formen betasten, setzen wir sie sofort in Gesichtsformen um. Für die wissenschaftliche Erforschung ist zudem der Tastraum der Blinden deshalb von besonderem Nutzen, weil wir hier seine Entwicklung besser verfolgen können, die gewöhnlich erst spät erfolgt. Bei der Untersuchung kann man aber nur Blinde verwenden, die möglichst früh das Augenlicht verloren haben oder

blindgeboren sind; sind sie erst nach dem vierten Lebensjahre blind geworden, so verhalten sie sich in Bezug auf die Raumvorstellung ähnlich wie Sehende, indem sie Gesichtsbilder benutzen.

1. Die Bestandstücke der Tastwahrnehmung. Das Hauptorgan für die Erwerbung der Raumvorstellung ist hier die Hand. An Empfindlichkeit wird sie nur durch die Zunge und die Lippen übertroffen. Durch rasche Zungenbewegungen zählt der Blinde etwa die Blumen- und Kelchblätter, oder auch die Anzahl der Staubgefäße. Eine genaue Vorstellung des Gesamtobjektes liefert aber dieses Zungen- und Lippentasten nicht. — Die erste Stufe des Betastens mit der Hand ist das synthetische Tasten: die Auffassung der Räumlichkeit durch bloße Berührung mit der Hand, ohne deren Bewegung.

Ältere Forscher behaupteten bisweilen, es gäbe Blinde mit so feinem „Gefühl“, daß sie durch bloße Berührung die Verschiedenheit der Farben erkännten, natürlich nur an einer der Farbe eigenen Tastqualität, womit sie dann den Farbennamen assoziierten. *Kunz* erklärt das aus seiner Erfahrung als Blindenlehrer für ein Märchen. Bisweilen möge es auf absichtlicher Täuschung vonseiten einiger Blinden beruhen, die sich an zufällige Kriterien hielten, wenn sie die Farben „abgriffen“. Man meinte weiter, durch den Ausfall eines Sinnes würden die übrigen entsprechend verfeinert. In der Tat fand man bei der Taubblinden L. Bridgman die dreifache Tastempfindlichkeit gegenüber Sehenden. Aber das blieb eine seltene Ausnahme. Genauer fand *Griesbach:* der Lesefinger bei den Blinden ist sogar abgestumpft. Die Fingerspitze wird durch das beständige Reiben auf den erhöhten Typen hart. Ebenso war an diesem Finger die intensive Druckschwelle erhöht. Im Unterscheidungsvermögen für Tastreize fand sich kein erheblicher Unterschied zwischen Blinden und Sehenden. Auch die allgemeineren Behauptungen über entsprechend größere Schärfe anderer Sinne bei Blinden haben sich nicht bestätigt. *Javal,* selbst erblindet, schreibt (1904): Ein Blinder hört auch nach jahrelanger Übung eine Uhr nicht aus größerer Ferne. Die Finger eines Blinden sind nicht empfindlicher als die eines Sehenden, aber sie verstehen besser zu tasten. *Griesbach:* Die durchschnittliche Hörschärfe (für Wörter in scharfem Flüsterton gesprochen) betrug bei 19 Blinden und 49 Sehenden genau gleich 26 *m*.

Die gleichzeitige Auffassung flächenhafter Eindrücke ist beim Tastsinn schlecht entwickelt, besser die Auffassung getrennter punktförmiger Eindrücke. Ein aufgelegtes regelmäßiges Sechseck wird schwer erkannt, und dann auch gewöhnlich nur mit Hilfe der Tastzuckungen (*Czermak*), wodurch der Blinde die gleichzeitige Berührung in eine Folge von Berührungen der Ecken verwandelt. Der Kranke von *Goldstein* und *Gelb* mußte wie ein ungeübtes Kind zur Vermittlung zwischen Druck und Lokalisationsbewegung immer erst Tastzuckungen ausführen. Dasselbe kommt bei einigen Blindgeborenen vor, während andere eine feste Beziehung ausgebildet haben.

Zur Auffassung von Körpern muß das umschließende Tasten hinzukommen, wobei die Lagevorstellung der gekrümmten Hand mithilft, am besten, wenn beide Hände zusammenwirken. Dabei werden die Gegenstände in der Hand gedreht und teilweise stärker angedrückt, wobei die Bewegungs- und Lageempfindungen und im letzteren Falle der Raumsinn der Haut ins Spiel kommt. Damit gehen wir aber schon zur folgenden Art des Tastens über. Das reine synthetische Tasten läßt erkennen, ob

der Gegenstand rund oder eckig, klein oder groß, regelmäßig ist oder nicht. Wenn Blinde bisweilen daraufhin das Objekt erkennen, so ist es ein Wiedererkennen an einer bestimmten Eigenschaft. (*Chinaglia* 1912:) Wird ein Ring, dessen Rand 5 *mm* breit, mit innerem Durchmesser von 35 *mm* vorsichtig auf die Stirn gesetzt, so erscheint er ausgefüllt; reizt man dann einen Punkt im Ring, so wird er nach außen verlegt. Wird der Ring schwerer, so bleibt die Täuschung allmählich aus.

Für genauere Raumvorstellungen muß das analysierende Tasten hinzutreten, indem dieselbe Stelle der Haut der Reihe nach über verschiedene Stellen des Gegenstandes fährt. Hier ist zu unterscheiden der weitere Tastraum, der bei ruhendem Körper durch zwei Arme abgetastet werden kann, und der engere Tastraum des einen Armes. Das einfachste Verfahren ist das Konvergenztasten: Daumen und Zeigefinger werden einander gegenübergestellt und gleiten dann über zwei entgegengesetzte Kanten des Objektes hin. Dann ergibt die Entfernung der Finger im Verhältnis zur Anfangslage ein Maß für die Verlaufsrichtung der Begrenzungslinien. Auf diese Weise erkennt man, ob zwei Linien sich nähern oder von einander entfernen. Für mittlere Strecken fand sich die absolute Unterschiedsempfindlichkeit konstant; 1 *mm* war die Unterschiedsschwelle. Im Verlauf dieses Konvergenztastens wird übrigens immer wieder das synthetische Tasten zu Hilfe genommen, um das räumliche Gesamtbild aufzufrischen, auf das die Tastbewegungen bezogen werden.

Für den weiteren Tastraum existiert der Konvergenzmechanismus der beiden Arme. Um einen Wandschrank zu betasten, stellt der Blinde sich etwa davor in die Mittelebene. Er stellt dann die Höhe fest durch Vergleich mit der eigenen Körperhöhe oder der Höhe der ausgestreckten Arme. Für die Breite dient das Maß der Armkonvergenz, für die Tiefe die Länge der Arme. Indessen ist ein einheitlicher Gesamteindruck im weiteren Tastraum nicht möglich. Indirekt wird er erreicht durch die „Tastraumzusammenziehung". Der Blinde kennt zunächst durch viele Erfahrungen das Verhältnis zwischen dem simultanen Eindruck und der Fingerkonvergenz eines kleinen Objektes. In gewissen mittleren Fällen kann er auch die Beziehung zwischen Finger- und Armkonvergenz feststellen, was ihm einen Schluß auf den simultanen Eindruck eines größeren Objektes erlauben kann. Sehr anschaulich sind nach *Heller* diese Vorstellungen nicht. Der Blinde muß sich mit einer Verkleinerung des Objektes begnügen. Nach *Villey* dienen die aktiven Bewegungen dazu, den Raum und die Gestalt des Objektes aufzubauen. Die Pathologen sind geneigt, die Grenzen des gewonnenen Raumes zu eng zu nehmen. Freilich wird die Genauigkeit kleiner, wenn das Objekt größer wird.

Noch größere Strecken werden durch Bewegungen des Gesamtkörpers abgemessen, Länge und Breite eines Raumes durch die Zahl der Schritte. Deshalb kann der Blinde leicht genaue verjüngte Pläne der ihm bekannten Räume herstellen. Die Höhe bestimmt er etwa durch die Anzahl der Sprossen einer Leiter, deren Sprossenhöhe er kennt. Gewöhnlich haben die Blinden die Zahl der Stufen für die verschiedenen Stockwerke in den bekannten Häusern im Gedächtnis.

2. Die Wirklichkeit des Tastraumes bei Blinden wurde früher bisweilen in Abrede gestellt, besonders von *Platner* und *Hagen*. *Platner* (Philos. Aphorismen [1793] 440): „Die Beobachtung und Untersuchung eines Blindgeborenen, die ich ... drei Wochen lang fortgesetzt habe, hat mich aufs neue überzeugt, daß der Gefühlssinn ... nichts von einem örtlichen Auseinander weiß." „Nähe und Entfernung heißt bei ihm weiter nichts als die kürzere oder längere Zeit, die größere oder geringere Anzahl von Gefühlen, die er nötig hat, um vom einen Gefühl zum andern zu gelangen." — Wieder aufgenommen wurde die Lehre von *Hagen* (Wagners Handwörterbuch der Physiologie II 715 718). An der Annahme eines eigenen Tastraumes hindern ihn die bekannten empiristischen Schwierigkeiten, die Unmöglichkeit, aus der Vergleichung von unräumlichen Tastempfindungen auf eine Verschiedenheit der Lage zu kommen usw.

Diese Darlegungen begreifen sich aus der damaligen mangelhaften Kenntnis der Tatsachen. Unvereinbar damit ist schon die Existenz blinder Mathematiker. Dr. *Meyer*, im ersten Lebensjahr erblindet, machte 1893 sein mathematisches Doktorexamen an der Berliner Universität. Er besitzt von allen Gegenständen seiner Umgebung genaue, wie er sich ausdrückt, geometrische Vorstellungen. — *Bourdon* entgegnet, auch ein Tauber könne Akustik studieren. — Das ist schief ausgedrückt; er mag Wellentheorie studieren und die Wellen mit den musikalischen Namen assoziieren; aber die Eigenart der Tonhöhen, die Intervallverhältnisse, die Bedeutung der Akkorde, die eigentliche Musiktheorie kann er nie aus eigener Anschauung nachprüfen, nicht eine innere Überzeugung der Wahrheit ihrer Sätze haben. — Blinde sind fähig, betastete körperliche Objekte durch Modellieren nachzubilden, sie werden darin unterrichtet. Das wäre aber unmöglich, wenn ihnen die Raumvorstellung fehlte. Dann hätten sie ja vom Körper nichts als qualitative Verschiedenheiten. Auch die Bewegungen enthielten kein räumliches Element. Dann fehlte aber jeder Grund, schon eine Verschiedenheit von Gliedern anzunehmen. *James:* Der Blinde hat ganz klare Vorstellungen von nahe und fern, groß und klein. Freilich kann er nicht verstehen, was es heißen soll, daß fernere Objekte kleiner erscheinen, da so etwas beim Tastsinn nicht vorkommt. — Der Tastraum gibt ja bloß die Nähe; dort aber sind Tastraum und Sehraum im wesentlichen gleich.

Dem gegenüber kommt den Behauptungen von *Platner* kein Gewicht zu. Beobachtungen an einem einzigen Individuum wären schon an sich wenig vertrauenswürdig, da die Entwicklung des Tastraumes oft individuell stark zurückbleibt (*Heller*); auch werden nicht wirkliche Beobachtungen mitgeteilt, sondern nur Versicherungen gegeben. Neuestens greifen *Goldstein* und *Gelb* auf Grund ihres Falles die Ansicht *Platners* wieder auf. Der beschriebene Kranke hatte, wie sie annehmen, keine Raumvorstellung bei geschlossenen Augen, sondern führt seine Bewegungen auf Grund von Schlüssen aus. Dasselbe aber meinen sie, sei dann auch von den Blinden anzunehmen. Die Beschreibung eines Objektes beweist noch nicht eine deutliche Vorstellung. Der Blinde kann der Reihe nach die Teile abzählen und messen. Das Wiedererkennen kann auf einem nebensächlichen Merkmal beruhen. Auch das Modellieren sei nicht entscheidend; denn auch der untersuchte Kranke, der sicher (?) keine Gesamtvorstellung von dem in die Hand gegebenen Gegenstand hatte, brachte Zeichnungen zustande, die dem Gegenstand erstaunlich ähnlich waren. Indessen ist schon beim Kranken die Behauptung, er habe keine Raumvorstellungen gehabt, mit seinen Leistungen nicht vereinbar. Bewiesen ist nur, daß er sie nicht direkt durch die Tasteindrücke erhielt, sondern Bewegungseindrücke als Vermittlungen verlangte. Aber diese müssen ihm dann nicht bloß intensiv verschiedene Empfindungen liefern, sondern auch das richtige Nebeneinander der bewegten Glieder und der betasteten Körper selbst. Wenn er den Schlüssel richtig nachzeichnet, muß er das räumliche Nebeneinander der Teile anschaulich erfaßt haben. Die Worte „daneben,

rechts davon, in derselben Richtung, doppelt so weit" dürfen ihm nicht bloße Worte bleiben, sondern müssen ihm die räumlichen Vorstellungen wecken, die die Zeichnung bestätigt. Die Bewegungen ergeben dem Kranken, wie *Gneisse* positiv ausführt, die Bewegungsbahn, die der Gestalt des Gegenstandes ähnlich ist und als Gestalt erkannt wird. Das Zeichnen in Stücken statt in einem Zug beweist vielleicht, daß der Kranke nicht die Gesamtvorstellung hat; aber notwendig hat er die Teilgestalt, wie die Walzenform der Kerze, die er nachzeichnet. Daß er die Teile nacheinander nennt und damit den Würfel nachweist, würde ein Sehender geradeso machen müssen, nur ginge es schneller. Durch die Bewegung kann sich der Kranke schließlich die Lage der berührten Stelle vorstellen, die Lage der Hand, womit er das Hinzeigen ausführt, die Richtung, in der die Bewegung nach dem Punkt erfolgen muß.

Um so mehr muß das vom Modellieren der Blinden gelten. *Bürklen:* Der Blinde kann sich von allem, was räumlich darstellbar ist, durch Tasten eine richtige Vorstellung machen, sei es auch in bedeutender Verkleinerung. Das beweist das Nachmodellieren. Noch entschiedener äußert sich der selbst blinde *Villey,* der die Frage mit Berücksichtigung aller Einwände erforscht: der Blinde gewinnt ein Bild, das sich von den Eigenschaften des Tastsinnes befreit. Der Finger muß den Stuhl zunächst durch Nachfahren langsam aufbauen. Aber das braucht er bei der späteren Vorstellung nicht mehr zu tun, sondern der Stuhl kommt dann auf einmal. Die kleinen Gebrauchsgegenstände, wenn sie nicht zu kompliziert sind, stellen sich mir sofort im ganzen dar. Der Blinde begreift die Behauptungen nicht, die ihm den wahren Raum des Sehenden absprechen. Der Unterschied besteht nur in Größe und Schnelligkeit.

3. Die individuelle Tastraumentwicklung. Die erste Tasttätigkeit ist, die Gegenstände mit den Händen zu umfassen, wobei am meisten das Glatte, die Temperatur usw. interessiert, ebenso der Gehöreindruck beim Abklopfen oder Aufstellen, sehr viel weniger dagegen die Form. Auf die Formverhältnisse muß man seine Aufmerksamkeit erst absichtlich lenken. Da tritt zunächst der Unterschied von eckig und rund hervor. Allmählich kommt dazu das analysierende Tasten, die Entwicklung im engeren Tastraum. Nach *Villey* lernt der Blinde langsam seine Bewegungen deuten, die Ordnung aufbauen. Besonders geschickte Blinde lernen das fast unbewußt in der Kindheit; andere dagegen untersuchen nicht, die Form ist ihnen gleichgültig. Wie *Burde* fand (ZAngPs 4 [1910] 106 ff.), sind blinde Kinder, die in die Schule erst eintreten, schon fähig, bekannte Objekte in Ton nachzuformen. Wurden Kindern, die schon mehrere Jahre Unterricht im Modellieren erhalten hatten, Aufgaben gestellt, z. B. einen Mann darzustellen, der sich auf einem Holzklotz niedergelassen hat, so wurden die Proportionen besser getroffen, die Gliederung des Körpers war geschickter. Das Höchste leisten darin die blinden Bildhauer; ein Tiroler Künstler, der im vierten Jahre das Gesicht verlor, konnte sehr gut Kruzifixe schnitzen, wobei die Proportionen stets richtig waren. Für Büsten brauchte er immer ein Vorbild zum Abtasten.

Manche Blinde kommen nie zu adäquaten Vorstellungen im weiteren Tastraum, sondern haben dort bloß die subjektiven Bewegungsvorstellungen, worin der berechtigte Kern der Lehre *Platners* liegt. Die gedächtnismäßige Festhaltung der Lagen in einem weiten Raume macht ihnen eben sehr große Schwierigkeiten, so daß sie sich gewöhnlich mit dem Wissen der Zahl der Schritte zufrieden geben. Nach *Villey* ist den Blinden der stereo-

gnostische Sinn, die Ausarbeitung des Betasteten zum Gesamtobjekt besonders wichtig. Die Gegenstände im eigenen Zimmer sind bekannt, auch relativ zum Körper, sobald dessen Stellung erst gesichert ist. Geräusche legen ihm immer wieder einzelne Objekte fest. Der Stock untersucht den Boden. Wieviel er zugleich übersieht, das ist individuell verschieden. Im Zimmer gehen diese räumlichen Dimensionen bis an dessen Wände. Im Freien ist sein Horizont sehr viel näher als der des Sehenden, und schwankt. Im bekannten Garten ist er etwas weiter. Bei Geräuschen schiebt sich die Grenze nach dieser Richtung hinaus. Oft scheint *Villey* der Raum um den Beobachter ein Kreis von 8—10 *m* zu sein. Der Blinde wird beim Gehen nicht durch einfache Eindrücke geführt, die sich bloß folgen, sondern hat eine Gesamtanschauung der Gegend, in der er sich bewegt, worin die Einzelheiten der Reihe nach fixiert werden.

Man hat behauptet, das Gehör sei der eigentliche Orientierungssinn der Blinden. Aber die Gehörvorstellungen erhalten ihre räumliche Bedeutung durch bloße Assoziation mit den Tastvorstellungen. Das Gehör kommt nur deshalb für den Blinden mehr in Betracht, weil es weiter reicht als der Tastsinn. Ein Springbrunnen läßt sofort Richtung und Entfernung erkennen, und das geht bei eigener Bewegung nicht verloren und verlangt nicht, daß man sich im Raume genauer orientiert hat. Das Geräusch der Schritte läßt die Erstreckungen des Zimmers auf einmal übersehen. Ein Gewehrschuß oder der Donner vergrößern den Raum.

4. Die Blindenschrift und die Fingersprache. Zunächst benutzte man die gewöhnlichen Buchstaben in erhabener Prägung: die *Klein*sche Schrift. Die eigentliche Blindenschrift stammt von dem selbst blinden *L. Braille.* Jeder Buchstabe wird durch eine gewisse Zahl von den sechs Punkten in der Anordnung einer „Domino-Sechs“ ⠿ gebildet. Diese Schriftart ist dem Tastsinn ausgezeichnet angepaßt: Die Trennung der Punkte, die Sechszahl, ihre gegenseitige Entfernung, so daß sie noch deutlich unterschieden werden können und doch die Übersichtlichkeit des Gesamtbildes nicht verlieren. *Braille* bildete aus den vier oberen Punkten, den „Grundzeichen“, die ersten zehn Buchstaben des (französischen) Alphabets, durch Hinzufügung des linken unteren Punktes die folgenden zehn; durch Hinzufügung der beiden Punkte weitere Buchstaben; andere Zeichen durch Hinzufügen des rechten Unterpunktes. Wurden die Grundzeichen eine Zeile tiefer gesetzt, so gab das die Satzzeichen; wurde vor sie das Zeichen für Zahl gesetzt, so die zehn Ziffern. Neben dieser Vollschrift gibt es eine Kurzschrift und eine Darstellung der Musiknoten. Der Rauminhalt der Bücher für Blinde ist etwa das Dreißigfache der gewöhnlichen.

Das Lesen der Schrift: Gewöhnlich lernt erst die rechte Hand lesen, dann die linke; später teilen sich beide darin, indem die vorhergehende rechte rasch über die Zeilen fährt und einen Gesamteindruck erhält, während die linke langsamer folgt und die Einzelheiten festhält. Dabei gleitet die rechte Hand ruhig über die Buchstaben, die linke führt zuckende Tastbewegungen aus, wodurch die Punkte klarer lokalisiert werden. Bei raschestem Lesen fällt schließlich das Zucken weg, beide Finger gleiten ruhig über die Zeilen. Nur wo buchstabiert werden muß, wie bei Fremdwörtern oder abgegriffenen Buchstaben, kommt es schließlich wieder zum Vorschein. Die Schnelligkeit des Lesens ist notwendig kleiner, da hier jeder Buchstabe der Reihe nach durchgegangen wird, im gewöhnlichen Lesen dagegen eine Menge auf einmal. *Javal* gibt für Blindgeborene an, daß sie oft 60 Worte in der Minute lesen, wenige auf 100 oder mehr kommen, während der Sehende (im französischen)

auf 500 kommen könne. *Bürklen* fand bei Prüfungen vom dritten Schuljahr angefangen bis hinauf 19—146 Worte, im Mittel 66, allerdings bei leichtem Text. Wenn man beim Sehenden (im Deutschen) im Mittel die Geschwindigkeit auf 250 beim Leiselesen ansetzt, ist die Lesegeschwindigkeit des Blinden 3—4mal langsamer. Das Lesen mit beiden Händen geht fast doppelt so schnell als mit einer. *Javal* fand als größte Geschwindigkeit die eines blinden Bibliothekars, der in seiner Gegenwart beinahe 200 Worte in der Minute laut las. Auch das Tastlesen erfolgt in zusammenfassender Weise, es werden Wortbilder gewonnen. — Während der Sehende im Mittel 20—25 Worte schreibt, bringt es der Blinde auf 10—15 (*Villey*).

Eine Anwendung des Raumsinnes der Haut ist die Fingersprache, welche bei Taubblinden gebraucht wird (*Stern,* Helen Keller). Es wird auf die ruhende Hand des „Zuhörenden" ein Finger gelegt, in wechselnder Krümmung, welche einen Buchstaben bezeichnet. Trotzdem sind die Taubblinden imstande, mit ruhender Hand Eindrucksfolgen zu erfassen, die ebenso mannigfaltig sind wie die Laute unsrer Sprache und sich nicht viel langsamer folgen. Es soll dabei die Schnelligkeit langsamer Lektüre erreicht werden. Hier wird eben der Tastsinn auf Nacheinander der Eindrücke geprüft, worin er sehr leistungsfähig ist.

§ 7. Allgemeines zur Blindenpsychologie.

1. Die Vervollkommnung einzelner Fähigkeiten beim Blinden. Die Notwendigkeit, die Gesichtswahrnehmungen zu ersetzen, zwingt den Blinden, manche Fähigkeiten besser auszubilden, als es der Sehende zu tun braucht. Das gilt vor allem vom Tastsinn. Er lernt in sehr kurzer Zeit unglaublich viele Eindrücke zu unterscheiden, wie beim Lesen. Die Taubblinden erkennen aus Vibrationen, ob die Türe des Zimmers aufgeht, ob eine Trommel geschlagen wird, ob sich jemand nähert (*Villey*). Wichtig ist beim Verkehr die gebotene Hand, aus der der Blinde nicht bloß die Körpergröße erschließt, sondern auch aus der Art des Handdruckes die Gesinnung, Wohlwollen oder Stolz usw. Die Muskelzuckungen der Hand ersetzen ihm das Mienenspiel. *Helen Keller* wohnt gerne dem Theater bei, wobei sie die wechselnden Affekte der Freundin miterlebte, indem sie deren Hand hielt.

Der Blinde *Rich. Hauptvogel* erklärt das oft bessere Gedächtnis des Blinden daraus, daß er durch Betasten genauer untersuchen müsse als der Sehende mit seinem Gesamtüberblick; ferner, daß der Sehende bei allem, was er nicht weiß, sich auf späteres Nachschlagen verläßt, der Blinde auf sofortiges Fragen angewiesen ist und die Antwort weniger leicht vergißt.

Besonders ist das Gehör ausgebildet. So ist dem Blinden das Tier durch seine Stimme bekannt, ebenso der Mensch, wie auch durch sein Schrittgeräusch. Mancher Blinde glaubt aus der Stimme auch den Charakter abzulesen, was bisweilen übertrieben sein mag. Das Wahre daran ist, daß die gewohnte Vermittlung ihm bei Bekannten sofort das Gefühl der Person weckt. Der blinde *Ludw. Cohn* sagt: Das Gehör muß erzogen werden, daß man jedes Geräusch nach Möglichkeit deutet. Ich erkenne den Taxameter im Straßenlärm an einem Knackgeräusch bei jeder Radumdrehung, das die meisten Sehenden noch nie gehört haben, obwohl es laut genug ist; ebenso manche Wagenarten an ihrem typischen Rollen. Beim Eingießen von heißen und kalten Flüssigkeiten ist das Plätschergeräusch sehr verschieden. Bei einer oft gemachten Wagenfahrt findet man sich zurecht an der verschiedenen Pflasterung, an den Geräuschen in engeren oder breiteren Straßen, an einem Kreuzungspunkt, der Durchfahrt unter einem Eisenbahnbogen usw.

Für die Farben bildet sich der Blinde allmählich Ersatzvorstellungen aus. Er lernt durch Vergleiche, Beschreibungen, Poesie usw. allerlei über die Beziehungen der Farben, besonders über ihre Gefühlswirkung, daß Schwarz einen deprimierenden

Charakter hat, Rot aufregt. Deshalb wecken die Farbennamen bisweilen die Vorstellung von Instrumenten: Rot erinnert an Trompete, Grün an Flöte usw. — Eine besondere Untersuchung verdienen Leistungen, die man vielfach als dem Blinden ausschließlich eigentümlich betrachtete:

2. Der sog. Fernsinn des Blinden.

Literatur. Neben den genannten *Truschel,* Das Problem des sog. sechsten Sinnes der Blinden, in ArGsPs 14 (1909) 133 ff.

Das Orientierungsvermögen im allgemeinen. *Spallanzani* beobachtete, daß Fledermäuse in der Dunkelheit geschickt Hindernissen ausweichen. Man sprach von einem sechsten Sinne, dem Fernsinn. Etwas Ähnliches beobachtete man nun bei Blinden. Obwohl sie scheinbar keine Anhaltspunkte haben, bleiben sie plötzlich vor Hindernissen stehen, als ob sie dieselben gesehen hätten, orientieren sich über die Lage, Gestalt von Raumobjekten in auffallender Weise. *Villey:* In einem neuen Zimmer sagt einem das Echo der Stimme und der Schritte, ob es tapeziert, möbliert ist. Der Straßenlärm zeigt einem die Lage des Fensters an. Im Freien gibt Wind und Sonne die Richtung an. Ein Blinder bemerkte durch Knallen mit den Fingern, ob der Hausgang einen Steinboden oder Holzboden hat, ob ein Zimmer lang ist oder nicht; die Nähe einer Wand fühlt er an „der Stirne". Ein anderer konnte auf dem Felde die Richtung des Dorfes aus dem Widerhall erfahren, indem er mit der Peitsche knallte. Selbst bei Ausfall des Gehörs, bei Taubblinden, ist noch Orientierungsvermögen vorhanden. Ein solcher berichtete, den Schritt eines entgegenkommenden Menschen nehme er mit den Füßen wahr, wenn er selbst stille stehe. Eine Mauer, eine Tür bemerke er aus der Entfernung „mit dem Tastsinn des Gesichtes". „Wenn sich jemand vor mich stellt, habe ich Wärmeempfindung."

Danach ist die Orientierung ein komplizierter Vorgang; es wirken dazu mit: Wärme, Luftbewegung, Erzittern des Bodens, Gehör usw. Das Rätselhafteste ist dabei die eigentliche Ferneempfindung, Annäherungsempfindung, d. h. die Fähigkeit vieler Blinder, ruhende, geräuschlose Objekte, die sich in Kopfnähe befinden, wahrzunehmen. Diese Wahrnehmung ist übrigens nicht den Blinden eigentümlich, sie kommt auch bei Sehenden vor. Sie wird bisweilen als Stirnempfindung bezeichnet.

Heller führt sie auf eine Zusammenwirkung von Gehör und Tastsinn zurück. Das Geräusch der Schritte wird ein anderes, wenn man sich einer Wand nähert, schon in einer Entfernung von 3—4 *m*; das spannt die Aufmerksamkeit, die Druckempfindungen an der Stirne treten frühestens bei 60—70 *cm* Entfernung auf. Die Tastempfindlichkeit ist nur am Anfang des Versuches genügend, um ein Hindernis zu erkennen, da sie höchste Spannung der Aufmerksamkeit verlangt, die nicht lange anhalten kann. Nach den Versuchen von *Kunz* ist das Organ für den Fernsinn der unbedeckte Teil der Kopfhaut im ganzen: der Reiz ist die Luftströmung. Dem gegenüber nimmt *Truschel* für Fälle, wo Luftströmungen ausgeschlossen sind, eine Erregung des Gehörorgans durch reflektierte Schallwellen an. Nahe Objekte ändern das immer vorhandene schwache Tagesgeräusch seiner Tonhöhe nach, um so mehr, je geringer die Entfernung des Objektes vom Ohr ist. *Villey* vertrat früher die Tastsinntheorie; später betrachtete er aber das Gehör als das Entscheidende. *Wölfflin* (ZPs II 43 und 50) denkt an noch nicht näher bekannte Strahlungen, für die vielleicht eigene Nerven bestehen.

Für den Drucksinn wird vorgebracht: daß allgemein die Empfindung auf die Stirne bezogen wird. *Truschel* glaubt freilich, der Kopf werde eher so gehalten, wie beim Lauschen auf ein schwaches Geräusch. *Villey* fand in eigenem Versuch, daß ein Brett in 70 *cm* Entfernung zunächst nicht wahrgenommen wurde, aber sofort,

als er mit zwei Fingern gegeneinander ein leises Geräusch gemacht; trotzdem wurde an die Stirn lokalisiert, vermutlich weil bei diesen Empfindungen immer bloß die Gefahr des Zusammenstoßes interessiert. Daß bei Bedecken des Gesichtes die Empfindung ausbleibe, könnte nach *Villey* daran liegen, daß solche Berührungen allgemein stören. Übrigens leugnet *Truschel* die Tatsache. Gegen den Drucksinn spricht, daß die Finger mit ihrer feinsten Empfindlichkeit die Empfindung nicht haben, selbst ganz nahe an der Wand (*Villey, Wölfflin*).

Für die Gehörtheorie wird neben dem Gesagten vorgebracht: daß wenn man die Ohren völlig verschließt, der Fernsinn verschwindet; so findet es *Villey* und *Truschel* bei eigenen Versuchen. Einige bezeugten, daß ihnen die Taubheit den Sinn nahm, den sie früher besaßen. Bei zu großer Stille geht der Sinn zurück, z. B. bei Gehen auf Schnee. Besonders günstig dagegen ist die Anwesenheit eines regelmäßigen Geräusches, wie eines Springbrunnens, eines fernen Wagens. Man hat eingewendet, daß auch Taubblinde den Sinn noch haben. Aber *Helen Keller* und *Malossi* bezeugten *Villey* das Gegenteil.

Man wird einstweilen sagen können, daß fast alle genannten Reize unter Umständen die Anwesenheit naher, fester Gegenstände und ihre räumlichen Eigenschaften anzeigen können. Ein starker Temperaturunterschied wird sich in der Nähe leicht bemerklich machen; die Schirmwirkung gegen Luftströmungen macht leicht begreiflich, daß Bäume, die in der Windrichtung liegen, richtig lokalisiert werden. Die Mitwirkung einer Gehörempfindung in Fällen, wo alle andern Ursachen ausgeschlossen sind, scheint gut beglaubigt und ist auch in sich verständlich.

3. Die Taubblinden.

Literatur. *Jerusalem*, Laura Bridgman. — *W. Stern*, Helen Keller. — *H. Keller*, Die Geschichte meines Lebens.

Laura Bridgman (1829—1889) verlor im 26. Monat Gesicht, Gehör und zum Teil Geruch. Der Verlust des Gehörs zog den der Sprache nach sich. Späterhin hatte sie nie Erinnerungen an die Eindrücke des Gesichtssinnes. Mit acht Jahren wurde sie in die Anstalt des Dr. *Howe* aufgenommen und lernte lesen. Es wurden ihr rechts die erhabenen Lettern des Wortes für einen Gegenstand geboten, während sie links den bezeichneten Gegenstand zu befühlen bekam. Diese Übungen wurden so lange wiederholt, bis ihr der Sinn dafür aufging, es solle ihr ein Mittel geboten werden, mit andern Menschen zu verkehren. Sobald sie das begriffen hatte, lernte sie mit gewaltigem Eifer. Nachdem sie lesen konnte, lernte sie die Fingersprache der Taubstummen; dann die Stecknadelschrift der Blinden lesen und selbst schreiben. Sie wurde unterrichtet in Geographie, Geschichte, Algebra, in einigen elementaren Kenntnissen und Handarbeiten. Sie schrieb mehrere Male ihr Leben. Mit dem Inhalt der nötigen Bücher wurde sie bekannt gemacht, indem die Lehrerin das Buch in der Linken hielt und mit der Rechten es in der Fingersprache schrieb, während Laura die Hand umfaßte und es so verstand. Darin war sie so geübt, daß sie in Begleitung ihrer Lehrerin sogar populär-wissenschaftliche Vorlesungen besuchen und verstehen konnte.

Noch viel größeres Aufsehen machte eine andere Amerikanerin, *Helen Keller,* der es gelang, eine volle wissenschaftliche Ausbildung zu erringen. Sie wurde 1880 geboren, verlor im 19. Monat Gehör und Gesicht. Der erste Unterricht begann im März 1887 mit dem Fingeralphabet. Einen ganzen Monat bildete sie auf diese Weise zunächst unverstandene Assoziationen zwischen Gegenständen und den Fingerzeichen ihrer Buchstaben, ohne ihren Zusammenhang zu ahnen. Plötzlich am Anfang des zweiten Monats ging ihr der Gedanke von der symbolischen Bedeutung der

Zeichen auf. Von diesem Augenblick an war ihr Eifer grenzenlos. Im Mai begann sie bereits die Blindenschrift lesen zu lernen. Ihre Lehrerin hatte die glückliche Methode, sie die Sprache zu lehren, wie eine Mutter ihr Kind, indem sie alles in ganzen Sätzen vorsagte, wenn vorläufig auch nur das eine oder andere Wort verstanden wird. Das übrige wirkte doch unbewußt mit. Zehn Jahre alt lernte sie auch die Lautsprache und konnte diese schließlich zur Unterhaltung benutzen. Ebenso lernte sie das Sprechen anderer an ihren Lippen durch Berührung ablesen, was ihr aber viel Mühe macht. Nach der persönlichen Erfahrung *Sterns* (ZAngPs 3 [1910]) spricht sie in der Unterhaltung Lautsprache in der etwas tonlosen Art eines Taubstummen; man versteht sie bald. Sie tastet dann die Antwort auf dem Munde des Sprechenden ab, indem sie nur zwei Finger auf dessen Lippen hält. Man muß nur etwas langsamer und schärfer artikuliert sprechen. Das Tempo der Unterhaltung hat mehr als die halbe Geschwindigkeit der gewöhnlichen. Sie lernte Arithmetik, Geographie, Französisch, Deutsch; nach einem Jahre las sie z. B. Tell. Besonders die Sprachen wurden ihr leicht, schwer die Mathematik, wo ihr die Schwierigkeit der Anschauung entgegen steht. Im Jahre 1899 bestand sie die Prüfung für Zulassung zur Universität. Unter ihren Tastempfindungen ist besonders auch die Empfindlichkeit für Erschütterungen ausgebildet. Donner, Türzuschlagen, Tritte, Wagengerassel merkt sie deutlich. *Stern* bestätigt, daß sie den Rhythmus der Musik erkennt, hohe und tiefe Töne unterscheidet, den Triller als solchen auffaßt. Das versteht man aus Versuchen von *Gutzmann*, der die Schwingungen von Stimmgabeln auf Membranen übertrug, wo sie als bloße Schwingungen auf die Finger wirkten; dann konnte bisweilen ein ganzer Ton unterschieden werden. Danach können die Mannigfaltigkeit der Schwingungen, ihre Verbindungen, ihr Wechsel wohl Freude gewähren. (Aus Nachprüfungen kann der Hörende sich überzeugen, welcher Art diese Freude sein wird.) Sie unterscheidet den langsamen Tanz, die Träumerei, aber nicht Kompositionen voneinander. Einen Trauermarsch faßte sie als Wiegenlied. Sie hat ein starkes Phantasieleben, genährt durch Erlebnisse, Lektüre und Nachdenken (*Stern*). Nach *Hoppe* (Die Taubstummblinden in Wort und Bild, 1914) kann man in Deutschland gegen 500 Taubblinde rechnen, von denen die Hälfte bildungsfähig sein mag. In den Anstalten lernen sie gewöhnlich nähen, stricken, modellieren, Körbe, Stühle usw. flechten, sich in Haus- und Gartenarbeit betätigen.

4. Das Leben des Blinden. *W. Steinberg*, von Geburt an nahezu blind, bespricht seine Entwicklung. Das sehende Kind ahmt spielend alles nach; das blinde hat wenig Ersatz dafür. Es wird leicht von den Eltern entweder durch übermäßige Sorge verwöhnt, daß es nichts selbst tut, oder aber vernachlässigt, daß es teilnahmslos wird. Von den andern Kindern wird es verspottet, dadurch verschlossen. Seine wahre Jugend beginnt in der Blindenanstalt, wo es sich den Leidensgenossen gleichwertig fühlt, spielen und lernen kann. In den Pubertätsjahren merkt der Blinde seine Grenzen, daß ihm zahllose Berufe verschlossen sind, was zu Erbitterung führen kann. Dann kommt leicht der Ehrgeiz, es in allem den Sehenden gleich zu tun; er sucht die Blindheit zu verbergen, glaubt die Bilder der Gemäldegallerien durch Beschreibung ebenso zu genießen, wie Sehende; ebenso die Fernsicht auf hohen Bergen, obwohl er doch nur die Stimmungen des Begleiters erfährt. Er verlangt nach glänzender Gesellschaft, wo ihm notwendig Mißgriffe begegnen. Er muß sich erst seiner Grenzen richtig bewußt werden und innerhalb deren seine Betätigung suchen.

Villey zieht die Gesamtsumme: Was gehemmt ist, sind vor allem körperliche Leistungen. Im Handwerk kann der Blinde nicht anderen gleich sein, da seine Bewegungen sich an die Umgebung anpassen müssen und er mit dem Tastsinn nur wenige Objekte zugleich auffaßt und nur sehr nahe. Die Bearbeitung wird um so schwieriger, je mehr Einzelheiten das Ding hat und je mehr es wechselt. Die Arbeit, die er leistet, ist oft ausgezeichnet, aber zu langsam, um ihn zu ernähren. Dagegen

kann der Blinde in geistiger Arbeit das höchste vollbringen. Die Ansicht, daß man mit dem Tastsinn nur langsam und unvollkommen an die Objekte herankommen kann, widerlegt *Helen Keller,* die in wenigen Jahren zur vollen intellektuellen Entwicklung kam, Bücher schrieb, eine ausgedehnte Korrespondenz unterhielt; und doch hat der Blinde noch mehr wie sie, nämlich das Gehör. *Villey,* der mit $4^1/_2$ Jahren erblindete und fast keine visuellen Bilder mehr hat, gelang es, den ganzen regelmäßigen Studiengang durchzumachen. Seine wissenschaftliche Arbeit war das Studium von *Montaigne* mit dem Ziel, die vielen Widersprüche darin durch eine zeitliche Entwicklung zu erklären. Er zerlegte die Schriften *Montaignes* nach den verschiedensten Rücksichten, nach Ideen, literarischen Eigentümlichkeiten, nach Daten, Zitaten, arbeitete die angeführten Werke durch, suchte Übereinstimmungen, ließ sich die Werke der damaligen Zeit, die *Montaigne* kannte, vorlesen, arbeitete alles Material zu einem Werke zusammen, ein Beweis, daß die Gelehrtenarbeit auch einem Blinden möglich ist.

Der Naturgenuß ist dem Blinden in hohem Grade zugänglich. Auch er bemerkt den Gegensatz zwischen Stadt und Land, die Geräusche, Gerüche, Tastempfindungen beim Durchwandern der Straßen; die freie Natur draußen, die Kräuter am Wege, die Stille, den Vogelgesang, die Grillen, den Wald, die Fahrt auf dem Fluß. Der Naturgenuß ruht auf den Gefühlen, die man der Natur leiht. Nun erregen Gehör und Geruch das Gefühl mehr als das Gesicht, das beim Sehenden mehr in der Landschaft überwiegt. Kommt der Blinde wieder an einen bekannten Ort, so geht er ganz in den damaligen Erinnerungen auf. Auch die Reise bietet dem Blinden Anregung: die Überwindung der Schwierigkeiten bei Bergbesteigungen, die Unterbrechung der Alltagstätigkeit, die persönlichen Beziehungen, die man anknüpft. Beim Gebirg wirkt die anregende Atmosphäre, der Gegensatz der heißen Sonne und des kühlen Waldes, der Harzduft im Wald, die frischen Quellen: was alles das Leben erneuert.

Der ästhetische Genuß: Wenn *Helen Keller* behauptet, beim Nachfahren über die Oberfläche der Statuen die dargestellten Leidenschaften zu entdecken, könnte das Autosuggestion aus ihrer Lektüre sein. Voll zugänglich ist dem Blinden die Musik, und zum größten Teile die Poesie: schon in dem Musikalischen in Vers und Strophe; für das Nachgenießen ist eigene Phantasie und Gefühlsleben nötig. Von den visuellen Bildern der Poesie hat er ja die Formen, von denen der Dichter immer bloß wenige Züge andeutet. Wenn der Wald dem Dom verglichen wird, sind gemeint die Säulen, das Laubdach, das geheimnisvolle Schweigen; dagegen nicht Einzelheiten. Besonders sind ihm die oft geschilderten Bewegungen und Haltungen zugänglich. Selbst den Farben- und Lichtwirkungen kann er sich durch Vergleich nähern. Das weiße Kleid erinnert an die Sonnenstrahlen, an die fröhlichen Festgesänge, die Freuden des Ballabends. Das schwarze Kleid erinnert an die Trauer. Wenn die Blüten des Apfelbaums der Schnee des Frühlings genannt werden, so denkt der Blinde an die Eigenschaften des Schnees, daß er alles bedeckt, daß seine Flocken leicht sind und hat ähnliche Gefühle. Diese Möglichkeit des Verständnisses beruht darauf, daß die Poesie nicht wie die Malerei die Einzelheiten wiedergibt, die feinen Schattierungen, sondern nur die Gefühlswerte.

§ 8. Die Theorie des Tastraumes.

Literatur. *Stumpf,* Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung, 1873. — *Henri* a. a. O. 159 ff. — *Ackerknecht,* Die Theorie der Lokalzeichen, 1904.

1. Ältere Theorien. Hier kehrt die vom Gesichtsraum bekannte Verschiedenheit der Theorien wieder. Einige leugnen den eigentlichen Tastraum, indem sie die Räumlichkeit in eine Kombination von andern Empfindungen auflösen. So *Herbart,* der eine bestimmte Reihenart unräumlicher Empfindungen für die Raum-

vorstellung erklärt. Ebenso *Bain.* „Zwischen *A* und *B* ist ein Raum" heißt nach ihm nur: Wir müssen zwischen den Empfindungen *A* und *B* eine gewisse Anzahl Muskelempfindungen durchleben. — Von einer Erklärung der Eigenschaften des Raumes, seiner drei Dimensionen, ihrer Vertauschbarkeit, Einerleiheit wäre dann keine Rede. Die verschiedenen Muskeln lassen sich nicht aufeinander umrechnen usw.

Eine Anerkennung des wirklichen Tastraumes findet sich in *E. H. Webers* Theorie der Empfindungskreise: Jeder Tastnerv versorgt einen kleinen Hautbezirk, und jede Empfindung in diesem Bezirk ist ununterscheidbar. Daher die Tatsache der Raumschwelle. Die Größe der Schwelle ist nach der Hautstelle verschieden. Die Vorstellung von der größeren Entfernung zweier Punkte kommt von der dunkeln Erinnerung an die Anzahl der zwischenliegenden Empfindungskreise. — Die Theorie genügt in der angegebenen Form nicht den Tatsachen. Danach müßten häufig sehr kleine Entfernungen auf beiden Seiten der Grenze eines Empfindungskreises unterschieden werden können, besser als sehr große Entfernungen innerhalb eines Kreises. Das ist aber nicht der Fall. *Czermak* vertiefte deshalb die Theorie, indem er die Kreise nicht aneinander grenzen, sondern sich gegenseitig teilweise überdecken ließ; die Tastqualität verändert sich nach allen Richtungen stetig. Freilich wird damit die anatomische Erklärung der Raumschwelle aufgegeben. Besser würde dieser eine spätere Ansicht *Webers* genügen, daß sich jeder Empfindungskreis in eine Anzahl kleinerer zerlegt, die aneinander grenzen; die Unterscheidung zweier Punkte verlangt aber eine gewisse Zahl solcher Kreise zwischen sich. Diese Fassung der Theorie läßt sich mit der Tatsache der Druckpunkte wohl vereinigen.

2. Die Lokalzeichentheorien suchen die Ableitung des Tastraumes näher zu erklären. Nach der Theorie von *Lotze* bieten bekanntlich die Reize der Seele nur qualitative Verschiedenheiten, aus denen sie den Raum erst aufbauen muß, auf Grund gewisser vom Ort abhängiger Merkmale, der Lokalzeichen. Werden z. B. drei Hautstellen 1, 2, 3 berührt, so entstehen drei zugehörige Tastempfindungen t_1, t_2, t_3. Daß sie jetzt in ihren räumlichen Abständen voneinander erscheinen, liegt daran, daß in der Erfahrung sich an t_1 die visuelle Vorstellung des Ortes 1 geknüpft hat und ebenso bei den andern. Dafür ist aber die Vorbedingung, daß t_1, t_2 usw. qualitativ verschieden sind; sonst könnten sie nicht eindeutige Assoziationen bilden. Diese vom Ort abhängige qualitative Verschiedenheit, das Lokalzeichen, ist nach *Lotze* die Summe der Mitempfindungen, die bei der Reizung einer Hautstelle zum Haupteindruck hinzukommen. Diese Mitempfindungen sind nach Dicke und Nervenreichtum der Haut, nach ihrer Spannung usw. von Stelle zu Stelle verschieden. — Die verschiedene Größe der Raumschwelle erklärt er so, daß es auf den großen Flächen schwerer ist, zwei Punkte zu finden, deren Umgebung genügend verschieden ist. Die Illusion der Amputierten ist zu erklären: der Nervenprozeß hat sich durch Übung im Zentralorgan das Lokalzeichen angeeignet; deshalb wird nachher immer an denselben Ort lokalisiert, mag der Nerv wo immer gereizt sein. Es gehört zum Wesen der Theorie, daß das Lokalzeichen ein bewußtes Element ist. Denn wäre es nur ein Nervenprozeß, so könnte man nicht mehr sagen, daß die Räumlichkeit weniger ursprünglich sei als die Farbenempfindung, der auch Nervenprozesse vorausgehen.

Der Theorie ist zuzugeben, daß es wirklich bewußte Lokalzeichen gibt: bei Lokalisationsversuchen wird nicht selten ein Finger an der spezifischen Tastempfin-

dung erkannt. Dagegen ist die allgemeine Forderung bewußter Lokalzeichen für jede Lokalisation unbegründet. Ein prinzipielles Bedenken dagegen ist, daß die Lokalzeichen von der Qualität der Tastempfindung sind und deshalb ebensogut an einer Verschiedenheit des äußeren Reizes liegen können. Weiter würde aus der Theorie folgen, daß Blindgeborene keine Raumvorstellungen hätten. Das ist aber mit den Tatsachen nicht vereinbar. In der Erklärung der Illusion der Amputierten wird zugegeben, daß sich durch Übung die Lokalisation an bestimmte Nerven knüpfen kann, unabhängig von dem bewußten Lokalzeichen der Endigung des Nerven auf der Haut. Da vermittelt also nicht mehr das Psychische, sondern eine rein physiologische Assoziation. Dann ist aber kein Grund, in andern Fällen mehr zu verlangen, was die Lokalzeichentheorie überflüssig macht. In der Theorie wäre ferner zu erwarten, daß symmetrische Stellen des Körpers sehr häufig verwechselt würden, was nicht geschieht.

3. Die nativistische Grundlage der Tastraumwahrnehmung. Da eine Herleitung der Raumvorstellung aus anderem nicht gelingt, müssen wir sagen, daß ähnlich wie bei der Flächenwahrnehmung des Gesichtssinnes auch im Tastsinn eine ursprüngliche Wahrnehmung des räumlichen Nebeneinander besteht. Es genügt dafür als Bedingung, daß verschiedene Nervenenden von den äußeren Reizen getroffen werden und ihren Reiz gesondert in das Gehirn übertragen, damit die Seele darauf mit der Wahrnehmung einer ausgedehnten Tastfläche antworte. Freilich gilt auch hier: Warum die Seele gerade beim Tastsinn das Nebeneinander der Erregungen mit einem wahrgenommenen Nebeneinander beantwortet, beim Gehör nicht, erklären wir nicht; das müssen wir als letzte Tatsache hinnehmen. So schon *Stumpf, Ward, James.* Durch diese Aufstellung wird natürlich nicht behauptet, daß die Seele den Bau des Nervensystems direkt anschaue; die räumlich geordnete Nervenerregung ist vielmehr die (Mit-)Ursache, nicht das Objekt der Raumvorstellung. Der Einfluß der Übung auf das räumliche Unterscheidungsvermögen beweist nicht, daß der Raum selbst erworben ist, ebensowenig wie der Einfluß der Übung auf die Unterscheidung der Tonhöhen beweist, daß die Tonhöhe nichts Primäres ist. Weiteres vgl. bei *Ackerknecht.*

4. Die Entwicklung des Tastraumes.

Der behauptete Nativismus schließt eine weitgehende Entwicklung und Ausbildung des Tastsinnes natürlich nicht aus. Der erste Eindruck der Ausdehnung ist sehr unvollkommen, und das in wesentlich höherem Grade als der Gesichtseindruck. Der erste Eindruck beim Berühren des Armes mit der Hand ist wohl der von etwas Ausgedehntem. Die Weiterbildung geht wesentlich mit Beihilfe der Bewegung vor sich. Verschiebt man die berührende Hand, so ist zu bemerken, daß etwas von dem vorher schon Berührten berührt bleibt, etwas anderes neu dazukommt, und zwar verschieden nach der Richtung der Bewegung. Es ist anzunehmen, daß das letztere als Verschiedenheit der Richtung erkannt wird; für die dritte Dimension wird wie beim Gesichtssinn eine angeborene Assoziation mitwirken. Die größere Genauigkeit dieser Bestimmungen wird dann später durch Abmessungen allmählich erreicht. Die Wahrnehmung der Größe einer Linie hängt von der Raumschwelle ab; doch spielt sicher die Erfahrung mit.

Noch klarer ist der entscheidende Einfluß der Erfahrung für den Ortssinn. Dafür ist ja nötig, daß die Reizung einer Hautstelle infolge einer Assoziation das Bild des gereizten Punktes mit seiner Umgebung hervorruft. Diese Ortsvorstellung ist für die Sehenden visueller Natur, worin das Berechtigte der *Lotze*schen Annahme liegt; bei Blinden ist sie Tastvorstellung. Ferner nimmt man heute ziemlich allgemein an, daß es nicht die bewußte Verschiedenheit der Qualität der Tastempfindung ist, an die sich diese Assoziation knüpft, sondern einfach die Verschiedenheit des Nerven; nicht eine psychologische, sondern eine rein physiologische Assoziation. Die Assoziation knüpft sich einfach an die verschiedene Gehirnstelle, in der die Tastempfindungen erweckt werden, von denen jede eindeutig mit dem zugehörigen Ortsbild verbunden ist.

Diese Annahme erklärt zugleich das Gesetz der exzentrischen Projektion mit seinen Anwendungen. Es ist für die Lokalisation gleichgültig, von welchem Punkte des gereizten Nerven die Erregung ausgeht; immer kommt sie an demselben Punkte des Gehirns an und erweckt deshalb dieselbe visuelle Vorstellung, gewöhnlich wegen der häufigen Erfahrung des Ortes, an dem dieser Nerv peripher endigt. Deshalb wird dasselbe gesehen, wenn das Glied abgenommen ist. Da ferner in der Erfahrung nicht bloß die Hautstelle in ihrem Bezirk, sondern weiter dieser selbst zu andern Bezirken des Körpers seine normale Lage hat, die fest eingeprägt ist, so erklärt sich auch der *Aristoteli*sche Versuch und ähnliche Fälle, wo die periphere Hautstelle in eine ungewöhnliche Lage gebracht ist.

Die Bildung der Lagewahrnehmung kann so geschehen, daß die Bestandstücke (die Länge der Glieder, die Größe aller beteiligten Winkel) in ihrer Gesamtheit mit der gesehenen Lage sich assoziieren (etwa physiologisch) und deshalb später die visuelle Lagevorstellung wecken, sobald die gleiche Gliederstellung da ist. Indessen ist anzunehmen, daß Hilfsmittel vorhanden sind, welche die Erkenntnis erleichtern. Zunächst gibt es Lokalisationen, die ganz automatisch sind. Bekanntlich hat ein geköpfter Frosch noch die Fähigkeit, einen Schwefelsäuretropfen vom Rücken richtig abzuwischen; er besitzt also Reflexeinrichtungen im Rückenmark, welche das greifende Organ sofort nach der richtigen Stelle führen. Etwas Ähnliches findet sich wohl auch beim Menschen. Das erleichtert uns die gereizte Stelle zu finden und dann zu assoziieren. Diese erste motorische Lokalisation ist freilich gewöhnlich nur angenähert. Der Finger wird in die Nähe der berührten Stelle geführt; dann wird weiter gesucht, anfangs wohl planlos, nach vielen Erfahrungen allmählich gleich in der wahren Richtung.

§ 9. Anhang. Die Raumwahrnehmungen anderer Sinne.

Literatur. *Arps* und *Klemm,* Der Einfluß der Intensität auf die Tiefenlokalisation von Tönen, in PsSd 8 (1913) 226 ff. — *Klemm,* Über die Lokalisation von Schallreizen, in 6 CgEPs (1914) 169 ff., ArGsPs 38 (1919) 71 ff.; ders., Über den Einfluß des binauralen Zeitunterschiedes auf die Lokalisation, in ArGsPs 40 (1920) 117 ff. — *v. Hornbostel* und *Wertheimer,* Über die Wahrnehmung der Schallrichtung, 1920.

1. Allgemeines. Primäre Wahrnehmung des Raumes bieten nur Tastsinn und Gesichtssinn. Die andern Sinne haben überhaupt keine Einrichtung, um das Nebeneinander der Objekte durch ein ähnliches Nebeneinander von Nervenreizen wiederzugeben. So werden alle Töne auf das Trommelfell und die Gehörknöchelchen übertragen ohne räumliche Scheidung, die ganze räumliche Verschiedenheit geht

dabei verloren. Die Räumlichkeit kommt den andern Sinnen bloß dadurch zu, daß sich durch Erfahrung eine Assoziation bildet zwischen einem bestimmten räumlichen Wert, den das Auge (die Hand) wahrnimmt. und einer zugehörigen Verschiedenheit der Sinnesempfindung, so daß die letztere den ersteren hervorruft. Wer nur Gehörempfindungen. Geruchsempfindungen usw. hätte, käme nie auf eine Raumanschauung. Auch ist das Räumliche, das wir durch solche Erfahrungen erhalten, meist nur eine ungefähre Richtung und Entfernung des Reizes. Gestalt und Größe fehlen ganz. Die Organempfindungen gehören nicht hierher, da es sich bei ihnen um den Tastsinn in weiterem Umfang handelt.

Beim Geruch kann durch Drehen des Kopfes einigermaßen die Richtung des Reizes ermittelt werden, an der Stärke bei einem bekannten Geruch wohl auch in etwa seine Entfernung. Doch sind die Bestimmungen äußerst ungenau. Abgesehen davon bietet der eigentliche Geruch nichts Räumliches; nur die Reizung des Trigeminus, eines Tastnerven. durch die brennenden, stechenden Gerüche gibt den Ort des Organs.

Beim Geschmack ist die Mitwirkung des Tastsinnes nicht auszuschließen. Mehr räumliche Leistungen bietet allein das Gehör.

2. Die Entfernung der Schallquelle. *Pearce* (1901) fand die relative Unterschiedsschwelle für Entfernungen ziemlich konstant. etwa = 0,14. Ähnlich bestimmte *Starch* (1909) bei 1 *m* Entfernung eine absolute Unterschiedsschwelle von 13—17 *cm*, was mit den Ergebnissen von *Arps* und *Klemm* gut übereinstimmt. Die Entfernungsschätzung ist in seitlicher Richtung etwas schärfer als nach vorn.

Woran liegt diese Unterscheidung der Entfernung? *Berkeley* erscheint der Schall um so schwächer, je weiter die Schallquelle entfernt ist. Wenn wir also wissen. mit welcher objektiven Schallstärke wir es zu tun haben, können wir aus der gehörten Intensität auf die Entfernung schließen. Indessen ist heute anerkannt, daß auch andere Ursachen mitwirken. Man hört im Telephon die Schritte desjenigen, der sich dem Telephon nähert, in einer schwer angebbaren Entfernung. Es scheinen also trotz Erhaltung der Intensitätsverhältnisse Merkmale, auf denen die Tiefenschätzung beruht, verloren gegangen zu sein. *Mach* zieht dafür die Klangfarbe heran. Bei der künstlichen Verstärkung der Obertöne eines Klanges wird die Schallquelle als weiter beurteilt. Er spricht deshalb von einer Art „Luftperspektive für Töne"; ebenso *Myers*. Eine theoretische Ableitung dafür gab *Grimsis*. Nach *Bourdon* (1920) nimmt mit der Nähe die Schärfe (netteté) zu; mit der Ferne verschwimmen die Teile ineinander. Deshalb sind die weichen Stimmgabeltöne schwerer auf Entfernung zu beurteilen.

Arps und *Klemm* finden die Schwelle für Entfernungswahrnehmung ein wenig größer als für die Wahrnehmung der infolge der größeren Entfernung eintretenden Intensitätsabnahme: die ebenmerkliche Intensitätsverschiedenheit genügt uns nicht. damit wir größere Entfernung annehmen. Allerdings kann man durch Intensitätsabnahme eine Entfernungszunahme vortäuschen. Aber dafür braucht es eine drei- bis viermal so große Schwelle als die gewöhnliche Intensitätsschwelle. Dasselbe zeigt die Gegenprobe: man kann die Intensität bei Beurteilung der Entfernung ganz ausschalten, indem die Intensität scheinbar gleich bleibt. Dann erhält man eine reine, von der Intensität unabhängige Entfernungsschwelle, die freilich das Doppelte der gewöhnlichen Entfernungsschwelle ist.

3. Die Richtung der Schallquelle. a) Bei unbewegtem Kopfe kann gewöhnlich recht gut unterschieden werden, ob die Schallquelle sich rechts oder links befindet. Die größte Genauigkeit dafür herrscht dort, wo bei gleicher Verschiebung die größte Veränderung im Verhältnis der Ohren bewirkt wird, in der Medianebene, die geringste in der Nähe der Ohrenachse. *Pearce* schätzt diese Raumschwelle vorn

auf 8°, hinten auf 16°, seitlich auf 25—45°; *Starch* fand viel kleinere Werte, vorn und hinten etwa 2°, seitlich 7°. *Klemm* findet neuestens (1920) die Raumschwelle in der Mittelebene vorn selten über 3°, unter den besten Bedingungen bis hinab zu $^3/_4$°; für hinten sind die Werte leicht zwei- bis dreimal so groß, in der Ohrenachse beim besten Beobachter 10°. Nach *Rupp* (ZAngPs, Beiheft 29) ist die Lokalisation in horizontaler Richtung dreimal besser als in vertikaler. Wenn man aber den Kopf schief hält, nimmt die Feinheit der ersteren ab, der letzteren zu. *Dufour* und später gegen die abweichenden Resultate *Griesbachs* auch *Krogius* finden beim Sehenden eine doppelt so große Raumschwelle als beim Blinden: die Aufmerksamkeit ist bei den letzteren mehr auf den Schall konzentriert. *Baley* (ZPs 70, 347 ff.): Selbst bei zehn gleichzeitigen Tönen ist es möglich, alle richtig auf rechts und links zu verteilen; beim Aufsuchen beachtet man dann jedesmal den Ton, der gerade zu lokalisieren ist, während die übrigen so lange den Hintergrund ausmachen.

Als Grund der richtigen Lokalisation gilt gewöhnlich das Verhältnis der Erregungsstärke auf beiden Ohren; der Schall wird auf die Seite verlegt, auf der er stärker gehört wird (die Intensitätstheorie). Wenn also ein Ohr geschwächt wird, muß die Lokalisation sich nach der besser hörenden Seite verschieben. In der Tat fanden *Ferree* und *Collins* (AmJPs 22 [1911]) bei einem Verhältnis der Hörschärfen beider Ohren wie 1 : 4 eine subjektive Verschiebung nach dem besseren Ohr um etwa 20°. Doch wird später die Täuschung nach der Erfahrung zurückgebildet. Anderseits stellten *v. Hornbostel* und *Wertheimer* fest: Wird der nähere Reiz geschwächt, so bleibt die Richtung ungeändert, außer wenn er fast ganz zerstört wird, wo der Schallort umspringt. Dasselbe bemerkten schon *Myers* und *Wilson;* ebenso *Rayleigh* gegen die Intensitätstheorie. Auch ist nach *Klemm* die Richtungsschwelle feiner als die der Intensität. *Rayleigh* hat demgegenüber eine Phasentheorie vertreten: Es wird der Schall nach der Seite verlegt, wo die Schallwelle voraus ist. Der Haupteinwand gegen diese Theorie war: Man sieht nicht, wie diese Phasenverschiedenheit im Ohre wirken soll, außer indem durch Knochenleitung jeder Schall auch ins andere Ohr geleitet wird, und so ist dann im selben Ohre eine Interferenz und wieder Intensitätsänderung möglich (*Myers* und *Wilson*). Auch wird von den meisten angegeben, daß die Erregung eines Ohres gestärkt wird, wenn zugleich das andere erregt ist. Indessen scheint der wahre Kern der Phasentheorie vielmehr in etwas anderem zu liegen, in der zeitlichen Verschiedenheit, woran unmittelbar zentral ein verschieden lokalisiertes Schallbild gebunden ist, die Zeittheorie.

Schon *Klemm* erschloß das 1919 aus den Fällen, wo Intensität, Klangfarbe usw. ausgeglichen waren. Bei kürzesten Zeiten (unter 5 σ) wird die zeitliche Verschiedenheit zweier Schallquellen nicht mehr als solche bemerkt, sondern es entsteht ein Schallbild. Dieses liegt bei den allerkürzesten Zeiten in der Mittelebene und tritt bei etwas längeren nach der Seite des früher gehörten Schalles heraus; bei noch längerer Zeit zerfällt das gemeinsame Schallbild zunächst mit einer Scheinbewegung vom ersten zum zweiten Ohr, was später ausbleibt. Genauer *v. Hornbostel* und *Wertheimer* (1920): Der Schall erscheint eben seitlich bei einer Wegdifferenz von 1 *cm*, was einem Zeitunterschied von 30 $m\sigma$ (1 $m\sigma$ = 1 Millisigma = 1 Millionstel Sekunde) entspricht. Nach der Zeittheorie nimmt der Grenzwert der Richtung mit der Zunahme der Tonhöhe immer mehr ab, was sich bestätigte. *Klemm* (1920): Unter der gewöhnlichen Zeitschwelle bei etwa 2 σ bemerkt man zunächst noch eine Zweiheitlichkeit, ohne Zeitfolge. Darunter entsteht die Ortsverschiedenheit bis hinab zu $^1/_{10}$ und $^1/_{50}$ σ, bei einem Beobachter gar bis $^1/_{100}$ σ, so daß die binaurale Zeitschwelle für ihn 10 $m\sigma$ war. Ließ man den Schallweg zum einen Ohr durch einen gewärmten Luftschacht gehen, so verschob sich das Hörfeld bei zwei Beobachtern um 3,8—4 *cm*

(aus der Schallgeschwindigkeit war 4,1 zu berechnen, eine gute Übereinstimmung); bei einem Beobachter war die Lokalisation so sicher, daß er nachher während der Abkühlung des Wärmeschachtes die allmähliche Verschiebung des Schallbildes unmittelbar wahrnahm. Auch im offenen Munde wurde eine Verschiebung der Schallquelle um 0,5 *cm* von der Mittelebene eben erkannt; bei geschlossenem Munde, wo die Luftzuleitung zum Munde fehlt, nicht mehr. Bei der natürlichen Lokalisation einer einzelnen Schallquelle draußen liegt die Richtungsschwelle vorn unter 3°. Die kleinsten Zeitunterschiede gehen dabei wieder auf 10—20 $m\sigma$, was zu den vorigen künstlichen Versuchen stimmt.

Bei der richtigen Lokalisation mit einem Ohr, ferner bei größeren Entfernungen und tieferen Tönen genügt das nicht mehr. — Als ergänzendes Kriterium wird besonders die Verschiedenheit der Klangfarbe angesehen. Dafür spricht schon, daß komplexe Eindrücke (menschliche Stimme, Geräusche) besser lokalisiert werden als reine Töne. Besonders schwierig ist für das unbewegte Ohr die Unterscheidung von vorne und hinten. Besser ist diese Unterscheidung bei bekannten Klängen. Nach *Mach* ist das äußere Ohr ein Resonator für hohe Töne, der nach der Richtung verschieden wirkt und so durch Klangfarbenänderung die Richtung andeuten kann.

b) Bei bewegtem Kopfe ist die Stellung der Schallquelle immer leicht zu ermitteln, auch für den Gegensatz von vorn und hinten; wenn beim Drehen des Kopfes die Schallquelle sich von der Richtung der Ohrachse entfernt, wird der Ton schwächer, im entgegengesetzten Falle stärker. Man kann sich auch danach richten, ob man mit beiden Ohren „gleich stark" hört, d. h. die Richtungsschwelle benutzen.

Täuschungen über die Richtung hat man bekanntlich beim Bauchreden. Der Bauchredner muß die Klangfarbe seiner Sprache so verändern, wie es der Herkunft von der gewünschten Richtung entspricht, und zugleich die Aufmerksamkeit der Zuhörer auf diese Richtung lenken. So meinte einst *Leibniz*, einen Hund Worte sprechen zu hören. In Wirklichkeit sprach der Bauchredner, während der Hund nur den Mund aufmachte. Das weist auf die Bedeutung der Aufmerksamkeit für die Lokalisation hin. Nach *Stumpf* lokalisiert man oft die Obertöne in das Ohr, mit dem man besonders horcht; ähnlich bei den Differenztönen. Die Aufmerksamkeit kann durch andere Sinneseindrücke gelenkt werden. Eindrücke verschiedener Sinnesgebiete, die gleichzeitig gegeben sind, haben die Neigung, räumlich vereinigt zu werden (*Lipps*). Beim Singen mit geschlossenem Munde verlegt man die Töne gewöhnlich in die am stärksten mitschwingenden Teile des Rachens oder der Brust. Beim Versuch von *Stratton* folgten die Schallokalisationen den gesehenen Objekten erst allmählich in die Umkehrung. Diese Verschmelzungstendenz erinnert an die Aufmerksamkeitslokalisation von *Jaensch*. — Kunstprodukte der Erwartung scheinen die vielfach widersprechend angegebenen Lokalisationen subjektiver Töne zu sein. Wird eine Stimmgabel mitten auf den Kopf gesetzt, so wird der Klang in den Kopf hinein lokalisiert; wird dann ein Ohr geschlossen, so daß der Schall in ihm reflektiert wird, so wird er eben dorthin verlegt; dasselbe geschieht, wenn man mit geschlossenem Munde brummt.

Das Kind muß den Gehörraum erst allmählich erwerben; im zweiten Monat beginnt es schon nach der Stimme der Wärterin zu suchen. In der Fähigkeit, die Erregungen beider Ohren zu unterscheiden, sieht *Stumpf* ein nativistisches Element des Gehörraumes. Sicher muß man da an eine physiologische Assoziation denken (wie bei den Lokalzeichen des Tastraumes); doch lassen wir dahingestellt, ob dieselbe angeboren oder erworben ist.

Fünftes Kapitel.

Die Zeit- und Bewegungswahrnehmungen.

Literatur über die Zeitwahrnehmungen: *Vierordt,* Der Zeitsinn, 1868. — *Meumann,* Beiträge zur Psychologie des Zeitsinnes, in PhSd 8 (1893) 431 ff.; 9, 264 ff.; 12, 127 ff. — *Schumann,* Zur Psychologie der Zeitanschauung, in ZPs 17 (1898) 106 ff.; Zur Schätzung leerer, von einfachen Schalleindrücken begrenzter Zeiten, in ZPs 18 (1898) 1 ff. — *W. Stern,* Psychische Präsenzzeit, in ZPs 13 (1897) 325 ff. — Sammelbericht von *Quandt* in ArGsPs 8 (1906) 143 ff. — *Katz,* Experimentelle Beiträge zur Psychologie des Vergleichs im Gebiet des Zeitsinns, in ZPs 42 (1906) 302 ff. — *O. Schultze,* Beiträge zur Psychologie des Zeitbewußtseins, in ArGsPs 13 (1908) 275 ff. — *Benussi,* Psychologie der Zeitauffassung, 1913. — *Klien,* Beitrag zur Psychopathologie und Psychologie des Zeitsinnes, in ZPaPs 3 (1917) 307 ff.

§ 1. Die subjektive Zeitschätzung im allgemeinen.

1. Das Zeitbewußtsein. Wie wir über Ort und Größe im Raume urteilen können, so haben wir auch die Fähigkeit, auf Grund unmittelbarer Anschauung die Orts- und Längenverschiedenheiten in der Zeitabfolge zu vergleichen. Wir nehmen mit andern Worten unmittelbar wahr, daß ein Ereignis *A* früher als ein anderes *B* auftritt, daß die Dauer eines Spazierganges länger war als das Lesen einer Seite in einem Buche. Das ist die subjektive Zeitschätzung, der „Zeitsinn", wie man ihn bisweilen nennt. Man kann diese Zeitschätzung definieren als die Fähigkeit, die Längen von Zeitstrecken allein auf Grund von psychologischen Tatbeständen zu beurteilen. Wird die Länge einer Rede mittels einer Uhr festgestellt, so haben wir eine objektive Zeitmessung. Wird die Zeit dagegen durch Vergegenwärtigung des Inhalts der Rede geschätzt, so haben wir die subjektive Zeitschätzung.

Die subjektiven Bedingungen, auf denen die letztere beruht, können mehr oder weniger direkt sein. Es ist eine indirekte, auf Erfahrung beruhende subjektive Zeitschätzung, wenn man aus den geänderten Körperempfindungen und Gefühlen die Länge der Zwischenzeit bemißt; die Länge des Spazierganges aus dem Grade der Ermüdung, die Länge der Nachtruhe aus der Frische und Erholung. Dieses allgemeine Zeitgefühl orientiert uns ohne weitere Überlegungen richtig im Tage. Die oft erwähnte Kranke von *Revault d'Alonnes,* die an viszeraler Anästhesie litt, hatte das normale Zeitgefühl völlig eingebüßt und mußte sich beständig mit der Uhr helfen. Dagegen zeigte sie in der Vergleichung kleinerer Zeiten (Versuche mit dem Metronom) fast keine Störung. — Auch das ist subjektive Zeitschätzung im weiteren Sinne, wenn man die Länge der Zeit seit einem Ereignis nach dem Grade der Deutlichkeit beurteilt, mit dem wir es uns vorstellen. Man hat etwa die Erfahrung gemacht, daß Vorstellungen von einem gewissen Grade der Deutlichkeit nur aus nächster Vergangenheit möglich sind.

Zeitschätzung im engeren Sinne dagegen ist es, wenn man auf Grund des Übersehens der psychischen Akte während der eben durchlebten Zeitstrecke über ihre Größe ein Urteil ausspricht. Dafür kann man sich entweder an den Gesamteindruck halten oder man zerlegt das Erlebnis in solche Einheiten, über deren Zeitdauer man aus früheren Erfahrungen schon ein Urteil besitzt, und setzt aus ihnen die Gesamtdauer zusammen. Hat man von dem Inhalt einer Zeitstrecke gar keine Erinnerung mehr, weil

man bewußtlos war oder sie völlig vergessen hat, so wird diese subjektive Zeitschätzung unmöglich. Nach *Klien* verlangt die Schätzung der Dauer, daß die psychischen Inhalte wechseln; ein stabiles Gesamtbewußtsein hätte keinen Zeitwert. *Meumann* meint, da seien wir uns eben des Gleichbleibens bewußt. Aber dieses Bewußtsein scheint allerdings zu verlangen, daß uns ein Ablauf, eine Veränderung vorliegt, wenigstens in andern begleitenden Inhalten, die dann das Maß für den stabilen ausmachen.

2. Das Zeiturteil, zu dem die subjektive Zeitschätzung schließlich kommt, kann sehr verschiedene Formen haben. a) Es kann relativ sein, in einem Vergleich mit einer andern wahrgenommenen Zeit bestehen. Das gilt besonders bei der Vergleichung kleinerer Zeiten.

b) Es kann die Angabe der absoluten Zeit in Minuten, Stunden usw. sein. Da handelt es sich um die Übersetzung des unmittelbaren Eindrucks der Zeitlänge in Ausdrücke, welche durch Erfahrung mit Zeitlängen assoziiert worden sind. Nach *Vierordt* wird diese Schätzung am genauesten, wo es sich um eine Reihe ganz gewöhnlicher körperlicher Beschäftigungen handelt, am ungenauesten bei Zeiten intensivster geistiger Arbeit. Kleine Zeiten (unter 10′ etwa) werden überschätzt, große unterschätzt. *W. Stern* (Beiträge zur Psychologie der Aussage II 32 ff.): Bei kleinen Zeiten, z. B. 1′, besteht eine starke Neigung zur Überschätzung; sie kann das Doppelte und mehr betragen. Bei einer Zeit zwischen 5—10′ ist diese Schätzung ziemlich richtig. Bei noch längeren Zeiten besteht eine Neigung zur Unterschätzung. Die Fehler sind, wie zu erwarten, bei Kindern größer als bei Erwachsenen. Übereinstimmend fand *Rodenwaldt* bei Soldaten, daß etwa eine Zeit von 5′ am besten geschätzt wird.

c) Andere Male gibt das Zeiturteil bloß einen allgemeinen absoluten Eindruck: sehr lang, lang, kurz usw. Auch hier liegt immer ein Vergleich mit einer als normal empfundenen Zeit zu Grunde.

Dieser Eindruck hängt von der Verschiedenheit der ausfüllenden Tätigkeit ab. Ist die Tätigkeit einheitlich, wie ein Problem, in dem wir ganz aufgehen, so bleibt kein Gedanke an die Zeit; deshalb erscheint sie kurz, geht wie im Flug vorbei. Ist die Tätigkeit dagegen abwechslungsreich, so daß der Gedanke an die Zeit öfter geweckt wird, so erscheint sie lang. Ein Vormittag in einer großen Stadt, an dem wir viele Merkwürdigkeiten gesehen haben, nimmt in Erleben und Erinnerung viel Raum ein. Ein Musikstück, das stark ergreift, einen viel erleben läßt, bewirkt eine lebhafte Zeittäuschung. Im Alter geht die Zeit scheinbar schneller vorbei wie in der Jugend. *Paul Janet* erklärt das dadurch, ein Jahr bedeute dann im Verhältnis zum Leben weniger. Der Hauptgrund ist aber das Gefühl. In der Jugend ist die Auffassung lebhaft, man kann noch absolut neue Erfahrungen machen, alles ist gefühlsbetont, es ist immer viel zu berichten. Im Alter wird alles automatischer.

Eine wesentlich andere Sache ist es, wenn eine Zeit zu lang gefunden wird in dem Sinne, daß man ihr Ende herbeiwünscht. So scheint der Schmerz lang, ebenso die Zeit des Wartens auf den Zug, wenn man nichts anderes zu tun hat als zu warten und daran immer wieder denkt: die Langeweile. Dabei besteht nicht notwendig eine wahre Zeittäuschung. Die Zeit erscheint nicht viel länger als eine andere gegebene, sondern nur länger als erwünscht, unangenehm lang. Allerdings konnte *Katz* nachweisen; daß bei größerer Konzentration der Aufmerksamkeit auf den zeitlichen Verlauf eine scheinbare Verlängerung eintritt. — Es begreift sich.

daß in der Erinnerung, wo der Wunsch nach dem Ende keine Rolle mehr spielt, dieselbe Zeit richtig oder wegen mangelnden Inhalts sogar kurz erscheinen kann.

Noch ganz ungeklärt sind die ungeheuerlichen pathologischen Zeittäuschungen (*Pick*, in ZPaPs 3). Eine Kranke (*Klien*) hat in Anfällen den Eindruck, schnell zu sprechen, andere schnell sprechen zu hören, alle Menschen auf der Straße laufen statt gehen zu sehen. *Klien* vermutet, daß die Angst hier die Vorstellungen beachten lasse und so diese besonders langsam abklingen, wodurch ihr Zwischenraum verkürzt erscheine, also die Schnelligkeit erhöht. Indessen ist nicht bekannt, daß uns ein Musikstück, mit Pedal gespielt, gerade viel schneller erscheine. *Pick* sammelt viele ältere Beispiele, so die Haschisch-Zeittäuschungen. *Moreau* (1845) glaubt zu ein paar Schritten Stunden verwendet zu haben. *R. Gauthier* schätzt die Viertelstunde, die ein Haschischanfall dauerte, auf drei Jahrhunderte (!). Solche öfter vorkommende Angaben von Jahrhunderten erscheinen als willkürlicher Ausdruck einer ganz unübersehbaren Zeit. Die Grundtäuschung mag sein, daß die psychischen Akte sich wirklich in nie geahnter Schnelligkeit folgen, sagen wir dreimal mehr wie normal, was die phantastische Angabe subjektiv rechtfertigen mag. Mehr nachzufühlen ist ein Bericht von *Serko* (1921) über einen Meskalinrausch, worin es heißt: Kaum Erlebtes verschwindet schnell in die Vergangenheit, wodurch die Zeit ungeheuer gedehnt erscheint. In der subjektiven Schätzung einer Zeitstrecke gibt er das Endsignal, als bloß ein Drittel der Zeit vergangen war. Man überblicke da die Zeit nicht mehr, müsse sich immer wieder mit Anstrengung die Zeitstrecke vergegenwärtigen. Vielleicht erscheint da der vorige Inhalt schnell abgeblaßt, wie sonst ein lang vergangener. Man glaubt abgeschweift zu sein und überschätzt deshalb. — In einem Bericht von *Veraguth* über scheinbare Vergrößerung der Glieder erschien auch deren Bewegung außerordentlich viel schneller; hier ist offenbar die Vergrößerung der Glieder die ursprüngliche Täuschung, aus der die Geschwindigkeitstäuschung abzuleiten ist.

3. Das Zeiturteil bei kleinen Zeiten. *Vierordt* fand, wenn er verschiedene Zeiten am Metronom angab, daß die Urteile über Länge oder Kürze eine große Konstanz zeigten. Nach seinen Versuchen lagen die Maxima der einzelnen Urteile: für das Urteil langsam bei 1,07″; für neutral bei 0,64″; für schnell bei 0,42″. *Benussi* fand in Massenversuchen die Grenzen der Urteilsarten: $sk = k$ (d. h. wo ebensooft „sehr kurz“ wie „kurz“ geurteilt wurde) bei 240 σ; $k = u$ (u = unbestimmt) bei etwa 600; $u = g$ (g = groß) bei etwa 1100; $g = sg$ (sg = sehr groß) bei etwa 2100 σ. *Schultze* dagegen konnte für die Urteile lang, kurz keine übereinstimmenden Angaben erhalten und vermutet, daß bei *Benussi* die Auswahl der gebotenen Zeiten in einem engen Intervall (90—2700 σ) die Urteile relativ zu verstehen fordert, d. h. unter den gegebenen Zeiten sind die einen kurz, die andern lang. Indessen ist doch wohl ein absoluter Eindruck der Kürze bei $^1/_4$″, der Länge bei 2″ nicht zu leugnen.

Zur Erklärung bringen ziemlich übereinstimmend *Katz* und *Benussi* vor: Bei den kurzen Zeiten ist die Sonderung der Zwischenzeit und der Grenzgeräusche schwierig; dagegen wächst bei den langen Zeiten die Schwierigkeit, die Grenzgeräusche zu einer Strecke zusammenzufassen. Auch liegt bei den kurzen Zeiten der Nachdruck auf dem Begrenzenden, bei den langen auf der begrenzten Strecke. Das Mittel ist nach *Katz* etwa die Zeit zwischen 550—650 σ: da hat sich das erste Geräusch gerade ausgelebt, wenn das zweite kommt; deshalb erscheint diese Zeit angenehm. Auch nach *Schumann* ist dieses das Intervall, bei dem sich die Aufmerksamkeit jedesmal wieder auf den nächsten Schlag einstellen kann; ähnlich *Meumann*.

Schultze findet den Übergang von Zeiten von 2″ zu immer kürzeren nicht gleichförmig, sondern mit qualitativen Unterschieden. Die kleinsten Zeitstrecken, bei denen die Grenzen nicht völlig verschmelzen, nennt er „Trillererscheinungen“; sie

liegen etwa zwischen 40—70 σ; zeitlich machen sie einen momentanen Eindruck: die Schläge fließen ineinander über; es ist ähnlich dem optischen Flimmern. In der nächsten Gruppe, den „Kollektionserscheinungen“ (bis etwa 400 σ aufwärts). ist der erste Reiz stets noch sinnlich im Bewußtsein; die Schläge ordnen sich unmittelbar aneinander wie die Perlen einer Schnur, bilden von selbst eine deutliche sinnliche Einheit. Die Vereinheitlichung geschieht hier noch passiv. Es sind die kurzen Zeiten von *Katz* und *Benussi*. Eine dritte Gruppe ist ein deutliches Pausenerlebnis, in dem die Reize noch zusammenhängen, aber nicht mehr durch eigene Kraft, sondern durch aktive Zusammenfassung. Beim Eintritt des ersten Geräusches richtet sich die Erwartungsspannung auf das zweite. Tritt das zweite vor dem Abklingen des Aufmerksamkeitsschrittes ein, so wird es mit dem Charakter der Zugehörigkeit zum ersten erfaßt, sonst nicht. Willkürlich können noch bei 2″ oder mehr die Grenzreize zu unmittelbarer Zusammengehörigkeit gebracht werden.

In anderem Sinne nennt *Stern* diejenige Zeit adäquat, in der ein Vorgang am bequemsten abläuft; so hat das Sprechen seine Zeit, ebenso jede Melodie, verschieden nach ihrer Stimmung. Sucht man die leere Zeit, die am angenehmsten ist, so empfiehlt *Stern*, einen dreiteiligen Takt „in der bequemsten Geschwindigkeit“ klopfen zu lassen. Die Gesamtzeit eines Taktes hängt ja ziemlich wenig von der Zahl der Schläge darin ab, wie *Meumann* fand und *Bolton* bestätigte. *Stern* findet diese Zeiten individuell verschieden. Eigene Versuche bei Studenten ergaben ihm Takte zwischen 0,57 und 0,83″; bei Männern um 30 Jahre zwischen 0,81 und 1,01″.

4. Die psychische Präsenzzeit. Auf dem Gebiete der Raumerkenntnis unterscheiden wir den sinnlich wahrgenommenen Raum (z. B. Sehraum) von dem wirklichen Raume, wie er uns durch die Erfahrung indirekt bekannt ist. Der Sehraum ist in einiger Entfernung eine stark perspektivische Verkürzung des wirklichen Raumes. Eine ähnliche Frage kehrt hier beim Zeitgebiet wieder, der Unterschied zwischen der sinnlichen Zeitanschauung und der indirekten Zeiterkenntnis. *Stern* erklärt das so: Das innerhalb einer gewissen Zeitstrecke sich abspielende psychische Geschehen kann unter Umständen einen einheitlich zusammenhängenden Bewußtseinsakt bilden trotz der Ungleichzeitigkeit seiner Teile. Die Zeitstrecke, über welche sich ein solcher psychischer Akt erstrecken kann, nennen wir seine Präsenzzeit. Wenn wir z. B. ein dreisilbiges Wort sprechen, so haben wir nicht bloß in einem letzten Moment der Vorstellungen alles Frühere nebeneinander liegen, sondern das über eine kleine Zeitstrecke sich ausdehnende Kontinuum ist uns als solches bewußt. Es ist da nicht anzunehmen, wie *Ehrenfels* meinte, daß nur ein Moment als Wahrnehmung gegeben sei, die übrigen als Erinnerungsbilder, sondern der Wahrnehmungsakt selbst ist nicht mehr punktuell. Die Töne eines melodischen Motivs sind uns sämtlich gegenwärtig und doch deutlich nacheinander. Mit andern Worten: *Stern* sieht die Wahrnehmung der zeitlichen Folge darin, daß die aufeinanderfolgenden Momente des Bewußtseinsaktes miteinander eine Einheit bilden. einen ausgedehnten Bewußtseinsakt. Indessen ist so nicht erklärt (wie schon *Meinong* geltend machte: ZPs 21), inwiefern darin mehr liegen sollte als eine bloße stetige Folge von Vorstellungen, die selbstverständlich noch nicht eine Vorstellung der Folge ist; und doch haben wir diese letztere: wir erkennen in der Melodie die Aufeinanderfolge der Töne selbst. Um diese aufzufassen, ist aber ein Akt notwendig. der die aufeinanderfolgenden Glieder (in sich oder in Stellvertretern) absolut zusammen erfaßt. Freilich wächst auch die Anschauung einer Bewegung während ihres Ablaufs selbst an, aber so, daß in jedem Moment zugleich auch die früheren mit bewußt sein müssen, soweit sich die einheitliche Anschauung überhaupt zurück erstreckt.

Man muß also sagen: In jedem Moment der sich verändernden Wahrnehmung müssen neben der gleichzeitigen Phase der Bewegung auch die vorhergehenden bewußt, als Objekt gegeben sein, und zwar in ihrem Nacheinander. Dadurch wird der Akt nicht selbst zusammengesetzt, ähnlich wie der Akt, der eine Fläche, einen Körper sieht, nicht deshalb zwei- oder dreidimensional wird, sondern selbst einfach bleibt. Der gleichzeitig übersehene Inhalt des Aktes ist nur das eine Mal eine Raumgröße in ihrem Nebeneinander, das andere Mal eine Zeitgröße in ihrem Nacheinander. Dieser Inhalt fließt beständig, indem neue Ereignisse von vorn in ihn eintreten, während die rückwärtigen immer mehr ausfallen. Die scheinbare Gegenwart bleibt bestehen wie der Regenbogen auf einem Wasserfall (*James*).

Denken wir als Abszissen (von A nach M, Fig. 56) die wirklich durchlebten Zeiten (Sekunden), als Ordinaten (von A nach N) dieselben Zeiten als Objekte der Wahrnehmung aufgetragen, und seien beispielsweise 2 Sekunden die Dauer der Präsenzzeit, so bedeutet der zwischen den Linien AB und CD befindliche Teil der Ordinate (CE) den Inhalt der Präsenzzeit, im Augenblick 2; man sieht, wie diese Strecke nach rechts rückt, dabei neue Inhalte aufnimmt (nach oben) und alte verschwinden läßt (nach unten).

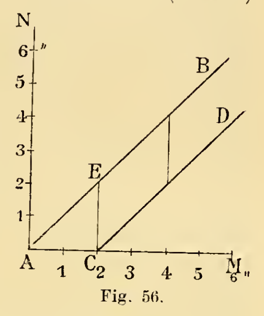


Fig. 56.

Die Dauer dieser Präsenzzeit wurde von verschiedenen Forschern auf 6—12″ angegeben. Nach *Bühler* käme der anschauliche Wahrnehmungscharakter wohl noch einer Zeit von mehreren Minuten zu; fernere Vergangenheit werde inadäquat erfaßt. Die Entscheidung ist schwierig. Wie die Angabe des fernsten sichtbaren Objektes kein Maß für den Sehraum ist, der in weiterer Ferne immer mehr zusammenschrumpft, so ist auch die Entfernung der am weitesten zurückliegenden Inhalte der Präsenzzeit kein Maß für die wirklich überschaute Zeitlänge. Vermutlich sind auch hier die entfernteren Teile der Zeitstrecke im Bewußtsein enger zusammengedrängt, ihre Entfernung perspektivisch verkürzt. — Diese psychische Gegenwart wird oft als „primäres Gedächtnis“ bezeichnet, worin die ursprüngliche Wahrnehmung noch geblieben sei, statt des bloßen Wiederauftauchens einer schon entschwundenen Wahrnehmung. Doch liegt hier, genauer gesprochen, Wahrnehmung vor, nicht eigentliches Gedächtnis.

Wie jede Wahrnehmung kann auch die Zeitwahrnehmung in einer Vorstellung erneuert werden. Dabei kann es sich um Nachbilden der ursprünglichen Verhältnisse handeln, wie in der Wahrnehmung selbst, oder um eine Verjüngung in kleinerem Maßstab, ähnlich wie man die Linien einer Gegend von einem Berge aus übersieht. So schweben einem während des Singens schon die nächsten Töne vor, in ihrer richtigen Aufeinanderfolge, obwohl verkürzt, beim Sprechen die nächsten Worte und Gedanken; in der Willenshandlung ist nicht bloß das Endresultat vorgestellt, sondern oft auch der ganze Ablauf. Eine abnorme Verkürzung hat man in Träumen, in Todesgefahr, wo vielleicht abgesehen von der schnelleren Aufeinanderfolge auch größere Strecken übersehen werden.

§ 2. Die zeitlichen Verhältnisse zweier Eindrücke.

Die experimentelle Untersuchung der zeitlichen Verhältnisse wurde zuerst von *Mach* unternommen (1865), über die Gültigkeit des *Weber*schen Gesetzes usw. Eine umfassende Bearbeitung versuchte *Vierordt* (1868). Man unterscheidet bei den

Versuchen leere Zeiten, die bloß durch Reize begrenzt sind, und ausgefüllte Zeiten, z. B. einen länger ausgehaltenen Ton. Die leeren Zeiten sind freilich subjektiv durchaus nicht inhaltlos; es fehlt bei ihnen nicht an Organempfindungen, besonders der Spannung.

1. Die Schwellenwerte. Das kleinste wahrnehmbare Zeitintervall läßt sich nicht dadurch feststellen, daß man den kürzesten Reiz bestimmt, der eben noch bemerkt wird. Denn jeder Reiz klingt ab: er wird länger empfunden, als dem Reizvorgang entspricht. Zur Bestimmung gibt man vielmehr zwei Reize nacheinander in so naher Aufeinanderfolge, daß eben noch eine Zweiheit bemerkbar ist. Auch so erhält man nur eine obere Grenze für das Zeitminimum. Denn der erste Reiz ist nicht punktförmig, sondern geht in die Zwischenzeit hinein, macht diese deshalb kleiner, als die Apparate angeben. So erklärt sich, daß man auf verschiedenen Sinnesgebieten verschiedene Werte erhielt. Beim Gesichtssinn war es etwa 40 σ, beim Tastsinn etwas weniger, beim Gehörssinn, der die kleinsten Werte zeigt, bis herab zu 2 σ (*Exner, Weyer*). Auch beim Gesichtssinn wird die zeitliche Unterscheidung schärfer, wenn man momentan optische Reize in 20° Winkelabstand bietet und die Mitte zwischen beiden fixieren läßt. Dann geht die Zeitschwelle bei sehr geübten Beobachtern auf 10 σ und weniger herunter. Versteht man also unter Zeitschwelle den kleinsten Wert, der unter den günstigsten Bedingungen zu erreichen ist, so mag dafür wohl 2 σ angenommen werden. Um den Eindruck eines deutlichen Intervalls zu haben, braucht es freilich viel höhere Werte.

Die zeitliche Unterschiedsempfindlichkeit wird auf etwa $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ angegeben. Sie hängt von den näheren Umständen des Versuchs ab, von der absoluten Länge der Zeit, von der Zwischenpause usw. Die größte Unterschiedsempfindlichkeit ergab sich bei 0,3″-Strecken, die bei geübten Beobachtern dann 3 σ war (also $= {}^1/_{100}$). In gewissen Grenzen scheint auch für die Zeit das Gesetz zu gelten, daß die relative Unterschiedsschwelle konstant ist (*Benussi*). Für die subjektive Zeitschätzung gilt vielfach das Gesetz: kleine Zeiten werden überschätzt, große unterschätzt. Es muß also irgendwo dazwischen ein Wert vorkommen, bei dem die Zeit richtig geschätzt wird, der Indifferenzwert. Derselbe liegt beim Vergleich leerer Zeiten bei etwa 0,5—0,6″. Für eine reizerfüllte Strecke liegt er über der oberen Grenze, bei der eine Reihe von Reizen noch anschaulich zusammengefaßt werden kann, d. h. es tritt immer Überschätzung ein (*Wundt*). Wenn die Zeitstrecken immer größer werden, so wurde öfter eine periodische Erscheinung angegeben, daß nämlich bei Zeitstrecken, die ein Vielfaches des Indifferenzwertes sind, die Zeitschätzung genauer wird als bei zwischenliegenden Werten.

2. Die Zeitverschiebungen bei disparaten Sinnesreizen.

Literatur. *Michotte*, Nouvelles recherches sur la simultanéité apparente d'impressions disparates périodiques, in Annales philos. Louvain 1 (1912) 571 ff. — *Moede*, Zeitverschiebungen bei diskontinuierlichen Reizen, in PsSd 8 (1913) 327 ff.

Unsre Zeitwahrnehmungen sind nicht immer ein getreues Abbild des objektiven Sachverhaltes. Das machte sich zuerst in der astronomischen Beobachtung geltend durch die „persönliche Gleichung“: Es gelingt nicht,

die Raumpunkte, auf welchen die Sterne beim Sekundenschlag vor und nach dem Durchgang durch das Fadenkreuz gesehen werden, genau zu lokalisieren, und zwar weichen die verschiedenen Beobachter in dieser Bestimmung erheblich voneinander ab. Später erkannte man, daß hier eine psychische Schwierigkeit vorliegt. Man prüft diese Verhältnisse in den „Komplikationsversuchen"; z. B. ein Zeiger bewegt sich vor einer Skala. Dann soll die Stelle angegeben werden, bei der er in jenem Moment stand, wo ein Glockensignal ertönte.

Für viele Beobachter ist bei langsamer Zeigerbewegung der Fehler gewöhnlich negativ, d. h. das Glockensignal wird sonderbarerweise zu früh gehört, mit einer früheren Zeigerstellung vereinigt. Größere Schnelligkeit, nach andern auch größere Übung machen dagegen den Fehler immer mehr positiv, vereinigen den Schall mit einer späteren Stelle der Skala. Im einzelnen weichen die Resultate vielfach voneinander ab. *Michotte:* a) der Einfluß der Übung, die Neigung zu immer positiveren Fehlern ist am Anfang bei allen Beobachtern nachzuweisen; der Unterschied kann 100 σ betragen. Die Erwerbung der äußersten positiven Fehler tritt nicht immer allmählich, sondern bisweilen ganz plötzlich ein. Auch kann ein positiv gewordener Fehler später wieder einem negativen Platz machen. b) Bei einigen wird bei größerer Geschwindigkeit der Fehler positiver, wie es *Wundt* angab; bei andern dagegen negativer. c) Sucht man die beiden Grenzpunkte auf, bei denen noch das Urteil Gleichzeitigkeit abgegeben werden kann, so unterscheiden sich diese individuell stark. Die Versuche selbst begünstigen im Gegensatz zur sonstigen Übung die negativen Fehler.

Zur Erklärung. Die objektive Zeit der Reize und ihre Auffassungszeit in der Wahrnehmung sind nicht dasselbe. Der Übergang verlangt Zeit; und diese kann nach Umständen für die disparaten Reize verschieden groß sein, woraus sich auch die negativen Fehler erklären. Bedeute (in Fig. 57) die Linie AB die zeitliche Reihenfolge der Reize, $A'B'$ die ihrer Auffassung und gehören die Punkte derselben Vertikalen zur gleichen Zeit, so deuten die parallelen schrägen Linien etwa an, wie die Lichtreize verspätet aufgefaßt werden.

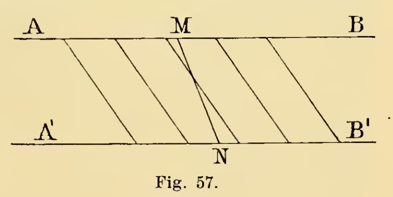


Fig. 57.

Nehmen wir an, daß der Glockenreiz M für die Aufmerksamkeit bevorzugt ist, die ihn schneller zur Auffassung kommen läßt, so wird die ihm zugehörige Linie MN steiler sein als die Lichtlinien; deshalb wird der Schall in der Auffassung mit einer früheren Gesichtsempfindung zusammenfallen, als seiner objektiven Lage entsprechen würde (*Lehmann*).

Den Grund für die verschiedene Auffassungszeit sieht die verbreitete *Wundt-Geiger*sche Theorie darin: Bei langsamem Rhythmus und guter Vorbereitung ist die Apperzeption (die volle Erfassung) des Schalles bevorzugt; bei größerer Geschwindigkeit ist die Vorbereitung weniger gut, deshalb die positiven Fehler. *Michotte* wendet ein, daß die von *Wundt* sonst angegebenen Apperzeptionszeiten viel zu klein sind, um die Zeitverschiebungen zu erklären. Er nimmt deshalb lieber an, daß ein Bewußtseinszustand halbbewußt bleiben kann, und seine Apperzeption erst später je nach den subjektiven Bedingungen vor sich gehe. Dadurch kann die Apperzeption auf einen Punkt verschoben werden, wo sie erwartet wird. Die Grenzen dieser möglichen Verschiebung sind die äußersten positiven und negativen Fehler. Dazu stimmt die Angabe *Wundts,* daß, wenn bloß ein Teilstrich vorhanden ist, der Schall die Neigung hat, damit zu verschmelzen; ebenso die Anziehung von den Hauptteilungen des Zifferblattes.

Das subjektive Verhalten bei der Einstellung auf die Grenzpunkte ist der Grund für die entgegengesetzten Fehler. Sucht man absichtlich die negative Grenze auf, so herrscht die Erwartung des Schalles vor und treibt bei den sich folgenden Versuchen den Punkt der scheinbaren Gleichzeitigkeit zurück. Zugleich wird aber das Bewußtsein der Gleichzeitigkeit immer anstrengender. Kehrt man dann vom negativen Grenzpunkt zurück, so macht nun wegen der Einstellung auf den Schall jede andere Stellung den Eindruck des Nacheinander, und so entscheidet man sich schließlich für den frühesten Punkt, wo man Gleichzeitigkeit ohne Anstrengung erhält. Stellt man sich im Gegenteil visuell ein, so entwickelt sich ähnlich eine Neigung, immer spätere Punkte als gleichzeitig zu wählen. — Diese Erfahrungen gestatten die einzelnen Gesetzmäßigkeiten zu erklären: beim Anfang des Versuches ist man gewöhnlich auf Schall eingestellt und man verhält sich passiv. Erst wenn man dann zur Nachprüfung übergeht, tritt wohl ein aktives visuelles Verfahren ein: doch ist das individuell verschieden. Die Bewegungsrichtung des Zeigers wirkt im gleichen Sinne der visuellen Einstellung:. daher der Einfluß der Übung. Da es sich aber dann um ein anderes subjektives Verhalten handelt, ist es begreiflich, daß diese Veränderung plötzlich vor sich gehen kann.

Moede bot länger dauernde Licht-, Schall- und Druckstrecken (zu je zweien), zugleich oder nacheinander, und ließ die Anfangs- und Endpunkte zeitlich zueinander lokalisieren. Allgemein mußte der Ton später einsetzen (um etwa 50 σ), um mit dem Licht als gleich anfangend geschätzt zu werden; der Ton drängte sich in eigenartiger Weise vor, und es bestand die Neigung, die Empfindung höheren Bewußtseinswertes als früher anzusetzen. Beim gleichzeitigen Aufhören von Schall und Licht gingen die Resultate stark auseinander: immer ging Steigerung des Bewußtseinswertes (die aber individuell verschieden war) parallel mit dem größeren Wachstum der Strecken im Zeiterlebnis. Der Druck zog besonders stark die Aufmerksamkeit auf sich. Der gleichzeitig anfangende Ton wurde dadurch stark gehemmt, teilweise zeitlich angeglichen, teilweise gewissermaßen in eine frühere Periode zurückgeschoben; bei längerer Dauer wird der Druck dann weniger eindringlich; um so stärker tritt er wieder beim Aufhören hervor. Da zieht er wie im Wirbel die andere Empfindungsqualität in sich hinein. Das Spätersein des nachfolgenden Tones wird erst dann sicher erkannt, wenn er etwa 160 σ nach dem Aufhören des Druckes beginnt.

3. Zeitverschiebungen innerhalb desselben Sinnesgebietes. *Bethe* erhellte plötzlich eine lange Reihe von Öffnungen vor einer *Geißler*schen Röhre gleichzeitig. War vorher die Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Fenster gerichtet, so bestand der Eindruck, als ginge die Erhellung von ihm aus nach beiden Seiten weiter. Trennte er Fixation und Aufmerksamkeit, indem er ein Fenster fixieren und ein anderes beachten ließ, so leuchtete das fixierte Fenster später auf als das beachtete. *Pauli* (ArGsPs 21 [1911]) verglich zwei Lichtreize in bestimmtem Abstand und zeitlicher Folge. Wurde ein Reiz fixiert, so wurde er erheblich früher gesehen als sonst. Wurde auf den fixierten Punkt auch noch die Aufmerksamkeit möglichst konzentriert, so wurde die Zeittäuschung nicht größer. Erst wenn aufgetragen war, nicht den Reiz als solchen, sondern das zeitliche Verhältnis zu beachten, entstand eine größere Zeittäuschung (zwischen $^1/_{20}$—$^1/_{10}''$). Was die Eindringlichkeit des fixierten Reizes vergrößert, verstärkt auch die Täuschung. Die Zeittäuschung läßt sich nicht durch Aufmerksamkeitswanderung erklären, als werde der zweite Reiz erst erkannt, wenn sich die Aufmerksamkeit ihm zugewandt habe. *Benussi* konnte die maximale Begünstigung der Auffassung des zeitlichen Verhältnisses nicht bestätigen und möchte sie auf eine suggestive Einstellung zurückführen. Das subjektive Verhalten richtet sich bald auf die zeitliche Beziehung, bald auf die rhythmische Gestalt.

§ 3. Die Vergleichung von Zeitstrecken.

Literatur. Ferner: *Benussi,* Zur experimentellen Analyse des Zeitvergleichs, in ArGsPs 9 (1907) 366 ff.; 13 (1908) 71 ff.

1. Der Vorgang der Zeitvergleichung ist nach der Länge der Zeiten verschieden. *Meumann* unterscheidet die kleinen, mittleren und großen Zeiten. Bei ganz kleinen Zeiten (bis etwa 0,5″) handelt es sich nicht so sehr um Vergleichung von Zeiten als um die Beurteilung der Aufeinanderfolge der Reize, ob beschleunigt oder verlangsamt. Die beiden Intervalle bilden da ein Ganzes, das in einem Akte wahrgenommen und nachträglich zerlegt und beurteilt wird. Die günstigsten Verhältnisse für ein unmittelbares Zeiturteil haben wir bei mittleren Zeiten. Statt der Schnelligkeit der Aufeinanderfolge der Empfindungen steht hier die Dauer im Vordergrund. Übrigens gilt das auch bei den kleinsten Zeiten, wenn dieselben nicht durch Reize begrenzt, sondern ausgefüllt sind, wo auch sie zu Dauerempfindungen werden. Bei den größeren Zeiten (etwa über 3″) haben wir eine mittelbare Zeitschätzung. Da werden andere Dinge beachtet, wie die Zahl seelischer Vorgänge, Veränderungen, emotionelle Begleiterscheinungen, und daraus indirekt ein Urteil über die Zeit abgeleitet.

2. Leere und ausgefüllte Zeitstrecken. Die allgemeine Regel ist, daß eine ausgefüllte Strecke länger erscheint als eine leere. Im einzelnen sind aber die Verhältnisse oft sehr verwickelt. *Meumann* fand: Geht eine kleine ausgefüllte Zeit voraus, so erscheint sie größer als die nachfolgende leere Zeit, während es bei großen Zeiten umgekehrt ist. Dazwischen befindet sich also eine Indifferenzzone, bei der richtig geschätzt wird, deren Größe von der Individualität und der Art der Ausfüllung der Zeit abhängt. Die Überschätzung steigt, wenn die Anzahl der Reize zunimmt. Gleichzeitig rückt die Indifferenzzone nach oben, von 2″ bis gegen 8″ und mehr. Ist die Ausfüllung der Zeit eine stetige geworden, so ist die Überschätzung auch vorhanden, aber geringer, und bei Tonzeiten scheint kein Umschlag bei größeren Zeiten vorzukommen. Wenn die leere Zeit vorausgeht, ist das Resultat etwas verschieden, obwohl auch gewöhnlich die Überschätzung kleiner erfüllter Zeiten eintritt. Für sehr kleine Längen (unter 0,4″) ist auch die Art der begrenzenden Sinnesreize von Einfluß. Am kleinsten erscheint eine von Tastreizen begrenzte Strecke, etwas länger eine von Schallreizen, am längsten die von Lichtreizen begrenzte. Auch für die Größe der Überschätzung der ausgefüllten Strecke gilt ein ähnlicher Unterschied. Die Täuschung ist am größten bei Tastreizen, am kleinsten bei Schallreizen. — Der Grund dieser konstanten Täuschung scheint im allgemeinen der zu sein: Die erfüllte Strecke erscheint inhaltsreicher, die leere Strecke dagegen ärmlich. Zur Ausgleichung muß die letztere entsprechend länger genommen werden. Werden aber die beiden Zeiten länger, so tritt bei der leeren Strecke die Spannung in einer Stärke hervor, welche nun diese Strecke erlebnisreicher macht.

Nach *Benussi* ist die Hauptregel für die Zeitausfüllung: Die Ausfüllung verkürzt oder verlängert die Zeit, je nachdem sie die Aufmerksamkeit auf die Ausfüllung selbst oder von ihr ablenkt. So ist bei körperlichem Schmerz die Sehnsucht nach seinem Ende die Ursache, die Dauer intensiver zu erfassen, während Lust von der Beachtung der Zeit ablenkt; ist die Zeit mit geistiger Arbeit angefüllt, so erscheint sie kürzer. — Um dagegen die Zeitteilung zu prüfen, muß man ganz schwache Geräusche bieten. Dann tritt nach *Benussi* der Eindruck der Zeitverkürzung ein, sowohl bei kürzeren wie längeren Zeiten; die Teilung vermindert die

Auffälligkeit der zeitlichen Verschiedenheit der Endeindrücke. Etwas Ähnliches bieten die Taststrecken *Cooks;* wenn die ausfüllenden Spitzen von der räumlichen Qualität der Endspitzen ablenkten, trat Unterschätzung ein, um so mehr, je deutlicher die Spitzen als solche erfaßt wurden (S. 350).

3. Der Einfluß der Reizstärke bei leeren Strecken. *Meumann* stellte das Gesetz auf: Intensive akustische Reize lassen die eingeschlossene Zeitstrecke kürzer erscheinen. Er verglich eine Folge von 50 Hammerschlägen in $^1/_4{}''$ Abstand mit einer ebensolchen Folge von schwächeren Schlägen. Die Reihe erscheint weniger getrennt, mehr zusammengedrängt.

Daneben fand aber schon *Meumann* gelegentlich die entgegengesetzte Auffassung: war die erste Schlagfolge schwächer, so wurde sie bisweilen für schneller erklärt, auf den Grund hin, sie sei dürftig, eindruckslos. — Nach *Benussi* ist zu unterscheiden der Einfluß der Gruppierung (den neben andern Ursachen auch die stärkere Betonung bewirken kann) und die eigentliche Verstärkung.

a) die Gruppierung (Phrasierung). Wenn man von drei sich folgenden Geräuschen zwei zusammenfaßt, besteht eine Neigung zur Verkürzung dieser Strecke; der Komplex der Grenzgeräusche lenkt die Aufmerksamkeit mehr auf sich. Umgekehrt werden auch die Grenzen der objektiv kleineren Zeit leichter zusammengefaßt. Nach diesem Grundsatz lassen sich viele der *Meumann*schen Bestimmungen besser erklären, wie nach seinen eigenen Prinzipien, was *Benussi* im einzelnen nachweist. Daneben kann es freilich vorkommen, daß die Distanz der zwei gleichartigen Eindrücke größer erscheint, indem der dritte Punkt nicht recht als Grenze eines Abstandes aufgefaßt wird, sondern als etwas daneben (ähnlich wie bei den Taststrecken von *Cook*). Die Verkürzung der Strecke, deren Endpunkte zusammengefaßt waren, trat auch ein, wenn die Zusammenfassung durch gleiche Tonhöhe nahegelegt wurde.

b) Die Verstärkung: das stärker begrenzte Intervall wird leicht verlängert, wenigstens bei kleinen Zeiten. Dazu mag mitwirken, daß der stärkere Komplex als auffälliger in ein Mehr der Zeit umgedeutet wird. Ist nur ein Grenzgeräusch verstärkt, so gilt bei kleinen Zeiten: Verstärkung des Anfangsgeräusches verkürzt die Zeit, Verstärkung des Endgeräusches verlängert sie; bei längeren Zeiten ist dieser Umstand ohne Wirkung. Der Grund ist nach *Benussi:* die Gegenwartszeit eines Geräusches wächst mit seiner Stärke: ist der erste Ton stärker, so scheint er länger anzudauern, verkürzt mithin die folgende Zeitstrecke; beim Endgeräusch verleitet dessen scheinbare Verlängerung, die Gesamtzeit zu vergrößern. Da das Endgeräusch stärker wirkt als das Anfangsgeräusch, erklärt sich zugleich, daß die stärker begrenzte Zeit verlängert wird. — Ersetzt man die Verstärkung durch Tonerhöhung, so erscheint auch der von einem Intervall begrenzte Zeitabschnitt verlängert. Anderseits wirkt der melodische, einheitliche Charakter dieser verlängernden Wirkung entgegen, verschieden stark nach seiner Auffälligkeit (die z. B. bei Terz größer ist als bei Quint).

4. Der Einfluß der Erwartung oder Überraschung wurde besonders von *Schumann* festgestellt, aber auch von andern bestätigt. Werden die zwei Zeiten durch drei Signale angegeben, *a b c*, so kann es kommen, daß sich die sinnliche Aufmerksamkeit nach dem Hören von *a b* auf eine gleiche Zeit *b c* einstellt. Kommt dann das *c* früher, als es der Einstellung entspricht, so entsteht der psychische Eindruck der Überraschung, und wir nennen daraufhin das zweite Intervall „kürzer“; kommt *c* dagegen noch nicht, wenn die Einstellung es erwarten läßt, so entsteht

der psychische Zustand der Erwartungsspannung, und begründet das Urteil „größer“.

Diese Ursache wirkt besonders, wenn man viele Versuche mit derselben Normalzeit hintereinander macht, wo dann die Bildung einer motorischen Einstellung erleichtert ist. Das Kriterium ist selbstverständlich so zu verstehen, daß die Einstellung auf diese Zeit eine physiologische ist, aus der sich wie aus einem Empfindungsreiz im richtigen Moment das betreffende Gefühl entwickelt. Es ist deshalb ein Mißverständnis, wenn man einwendet, um den richtigen Moment des dritten Signals anzugeben, müsse man ihn durch einen vorherigen Vergleich schon festgestellt haben. — Unter den Begründungen führte *Schumann* an: a) Wird die Überraschung in anderer Weise hervorgebracht, z. B. durch unerwartete Stärke des dritten Signals, so wurde häufig ebenfalls geurteilt, die zweite Zeit sei kürzer. b) Von zwei gleichen leeren Intervallen, die durch eine Pause von mehreren Sekunden getrennt waren, erschien das zweite deutlich kleiner, wenn die Aufmerksamkeit in der Pause stark gespannt war; sie ermüdete dann und konnte sich in der zweiten Zeit nicht so schnell wieder einstellen. Zugleich zeigte die Selbstbeobachtung, daß im zweiten Intervall die sonst lebhafte Erwartungsspannung fast ganz ausblieb. c) *G. E. Müller* machte Versuche mit 0,67″ Normalzeit. Dann beschäftigte er sich längere Zeit mit Versuchen, die ihn sehr ermüdeten. Als nun Versuche mit 1″ Normalzeit folgten, glaubte er, das Intervall sei erheblich verkürzt worden.

5. Sekundäre Urteilsbedingungen. Der Einfluß der Folge. Bei Zeiten, die merklich größer sind als die adäquate Zeit, überschätzen viele anfangs die Vergleichszeit stark. Nach *G. E. Müller* verhält man sich den beiden Intervallen gegenüber nicht gleich. Während man die beiden ersten Hammerschläge passiv hinnimmt, erwartet man den letzten mit einer größeren Spannung der Aufmerksamkeit, so daß man geneigt ist, das Intervall für größer zu halten.

Auch trügerische Assoziationen können als Urteilskriterien mitwirken. So denkt sich jemand bei starken Schlägen den Hammer weit ausholend und erklärt deshalb das Intervall für länger. Im Anfang der Versuche werden nicht selten von den Beobachtern absichtliche Bewegungen zu Hilfe genommen, etwa Taktierbewegungen mit den Fingern. Aber wie Versuche und Selbstbeobachtungen beweisen, werden durch die Hilfsbewegungen die Vergleichungen nicht verbessert, weshalb sie später regelmäßig aufgegeben werden. Von wesentlich größerer Bedeutung ist nach vielen

der absolute Eindruck. *Katz:* Legt man zwischen die zu vergleichenden Zeiten Pausen von verschiedener Länge, so erscheint bei kleinen Hauptzeiten (unterhalb der adäquaten Zeit) das zweite Intervall kleiner, bei großen Zeiten größer, und beides um so mehr, je mehr die Zwischenpause den Wert von etwa 2″ übersteigt. Die Beurteilung geschah häufig in der von *Schumann* angegebenen Weise der Einstellung. Daneben aber gibt es auch Urteile nach dem absoluten Eindruck. Zeiten erscheinen absolut kurz: es wird als störend empfunden, daß das zweite Geräusch kommt, bevor das erste sich ausgelebt hat. Bei langen Zeiten dagegen tritt eine Hemmungserscheinung ein, die sich bis zum Affekt steigern kann. *Katz* erklärt daraus, daß mit zunehmender Zwischenpause, wo die Aufmerksamkeit mehr auf das zweite Intervall gelenkt wird, dessen Individualität häufiger für das Urteil entscheidend ist. Nach *Benussi* hingegen wirkt die Pause nur bei kleinen Zeiten, und zwar im Sinne einer Verkürzung. Der Grund sei, daß in der Pause die Lebhaftigkeit der Grenzeindrücke des ersten Intervalls erblaßt und dadurch die erste Strecke als solche gegenüber der zweiten Strecke an Auffälligkeit gewinnen kann. — Die Tatsache, daß häufig gemäß dem absoluten Eindruck des zweiten Gliedes geurteilt wird, ist zweifellos. Wenn dabei das erste Glied wirklich gar

keine Rolle spielte, so hätten wir ein Fehlurteil vor uns, das nicht häufig sein wird. Wenn man eine auffallend große zweite Strecke für größer erklärt, so würde man vielmehr auf Befragen das so rechtfertigen: wenn sie nicht wirklich größer wäre, würde es nicht aufgefallen sein. Wenn man auch nach dem zweiten Eindruck nicht ausdrücklich auf den ersten zurückkehrt, so betrachtet man doch nach der Einstellung den zweiten Eindruck sofort in gewisser Relation.

6. Der Proportionsvergleich an Zeitintervallen (*Bühler*, Die Gestaltwahrnehmungen I, 1913). Die musikalische Erfahrung zeigt, daß eine Beschleunigung des Tempos häufig vorkommt, ohne daß dadurch der innere Bau der Takte gefährdet ist. Wir sind gegen kleine Proportionsverstöße sehr empfindlich. *Bühler* gab als Hauptreiz (*H*) die beiden Zeitintervalle *a* und *b* direkt nacheinander, dann eine Pause von 2″, dann den Vergleichsreiz (*V*), die Intervalle *c* und das veränderliche *d*, wobei die Gleichheit der Proportionen zu beurteilen war. Der Proportionswert *a* : *b* war gewöhnlich 5 : 8; der Verkleinerungsmaßstab *a* : *c* war 7 : 5. Es ergab sich dann eine ähnlich feine Schwelle wie bei den Raumgrößen. Die relativen Schwellen stiegen mit der Übung von anfänglich $^1/_{33}$ bis $^1/_{100}$. Der psychologische Vorgang bei der Vergleichung war folgender: die Reize 1 2 werden hingenommen, die Schläge der Reize 2 3, aktiv zusammengefaßt, treten deutlich hervor. In der Pause geschieht eine Einstellung auf die neue Größenordnung; nach einiger Übung kommt die Tempoverschiedenheit der beiden Verhältnisse nicht mehr zum Bewußtsein. Man glaubt schließlich wohl, nur die zweiten Intervalle miteinander zu vergleichen. Die Eindrücke, auf welche sich das Urteil stützt, sind zum Teil dieselben, die beim einfachen Intervallvergleich vorkommen, wie sie *Schumann* beschrieb. Häufig ist das Ereignis des „Hereinplatzens“ des letzten Schlages (kleiner-Urteil) oder des langen Absatzes vor ihm (größer-Urteil). Oft wird auch beachtet, ob der letzte Schlag die eingetretene Beschleunigung in demselben Grad mitmacht oder nicht und dann entweder zurückbleibt oder noch größere Beschleunigung aufweist.

Wird der Proportionswert *a* : *b* abgeändert, so wird die Proportionsschwelle um so kleiner, je näher sich das Verhältnis dem 1 : 1 nähert; symmetrisch mit der Entfernung von diesem Grenzwert wächst die Schwelle an. Wurde statt des normalen Wertes von 400 σ ein solcher von 200, 600, 800 σ genommen, so waren die Schwellen zunächst merklich größer. Bei den größten Intervallen mußte sich die Proportionalauffassung dann auf Bewegungselemente stützen, das letzte Intervall wurde aktiv vorgebildet. Beim kleinsten Intervall wieder war zur Ausbildung der Erwartung dann keine Zeit übrig, nur das starke oder schwache Zusammendrängen bestimmte da das Urteil. Indessen nähern sich bei zunehmender Übung die Werte immer mehr der Konstanz. Veränderte man das Vergrößerungsmaß *a* : *c*, so waren die Unterschiede nicht groß, wenn nicht durch beträchtliche Beschleunigung oder Verlangsamung die Elemente *H* und *V* in ganz verschiedene Intervallbereiche gerieten. In diesem Fall läßt sich ein Proportionsvergleich nur durchführen, indem ein vermittelnder Prozeß in der Pause eintritt: es wird der Hauptreiz in einen Maßstab übersetzt, der dem des Vergleichsreizes näher steht. Eine Vergrößerung der Schwelle tritt dabei nicht notwendig ein.

7. Anwendungen. a) Aus dem Gesagten ist nun verständlich, warum der Indifferenzwert der richtigen Zeitschätzung bei Vielfachen desselben Wertes

wiederkehrt. Nach *Kahnt* (PsSd 9 [1914]) spielt hierbei die Komplikation eine Rolle, die Assimilation eines Zeitpunktes an den Aufmerksamkeitsakzent. Wenn bei der ersten Zeitstrecke der Endreiz vor dem Aufmerksamkeitsakzent eintritt, erfährt er eine Assimilation, so daß diese Zeitstrecke verlängert wird; mithin wird die zweite objektiv gleiche Strecke, bei der der Endpunkt ebenso vor der Erwartung kommt, leicht als kürzer aufgefaßt. Werden so etwas zu große Takte nach unten, etwas zu kleine nach oben assimiliert, so muß zwischen beiden ein Mittelpunkt mit richtiger Schätzung liegen, das Fehlerminimum. Der erste Akzent lag hier bei 720 σ; dort ist zugleich der Indifferenzpunkt. Zeiten bei 230 σ wurden, was neu ist, auch unterschätzt, am stärksten bei 400 σ; vom Indifferenzpunkt in 500 σ ging das in die bekannte Überschätzung über, die kurz vor 700 σ ihren Höchstwert erreicht, dann steil abfallend bei 720 σ (dem Indifferenzpunkt) in Unterschätzung übergeht. Der Schätzungsfehler wogt von da an auf und ab; nur liegen die folgenden Indifferenzpunkte im Gebiet allgemeiner Unterschätzung. Die Zeiten werden in der Folge immer etwas länger, liegen über das Vielfache der Indifferenzzeit hinaus. Immer sind es die Punkte, wo die Überschätzung in Unterschätzung übergeht und umgekehrt.

b) Die Dezimalgleichung. Die Eigentümlichkeiten bei der Teilung von Raumstrecken finden sich in gleicher Weise bei den Zehntelteilungen von Sekunden wieder. Wie *Bauch* zusammenstellt, ergaben viele Tausende Durchgangsbeobachtungen verschiedener Forscher auch hier, daß die Randzehntel bevorzugt werden, besonders die Null. *Urban:* Die größere Häufigkeit der Null beruht auf einer Art Anziehungskraft des Fadens, „dem Kleben des Sternes am Faden". Diese Zehntelsekundenschätzung ist übrigens eine Art Raumschätzung, nämlich der Stellungen des Sternes bei den Pendelschlägen. Aus den Resultaten ergibt sich, daß das mittlere Intervall (0,5) am genauesten geschätzt wird, die kurzen Intervalle über-, die langen unterschätzt werden (*Urban*).

§ 4. Das Rhythmuserlebnis.

Literatur. *Koffka,* Experimentaluntersuchungen zur Lehre vom Rhythmus, in ZPs 52 (1909) 1 ff. — *G. E. Müller,* Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufs I (1911) § 45.

1. Die unwillkürliche Entstehung des Rhythmus. Nach *Wundt* besteht eine große Neigung, in eine gleichförmige Taktreihe einen Rhythmus hinein zu hören. Nur ganz langsame Schlagfolgen bleiben vereinzelt. Bei mittlerer Geschwindigkeit vereinigen sich die Schläge paarweise zu einem Zweiertakt. Nur mit Anstrengung kann man diese Neigung zum stärkeren Betonen unterdrücken. Wird die Geschwindigkeit größer, so werden mehr Glieder zu einem Takt zusammengefaßt, mit verschiedener Stärke der Akzente. Die komplizierteste Taktbildung, die so natürlicherweise entsteht, ist eine mit dreifacher Art der Stärke: ‴. . ′. . ′. . | ″. . ′. . ′. . ‖ Von selbst bilden sich dabei auch verschiedene Ruhepausen aus; es wird meist das einem betonten Schlag vorausgehende Intervall und bisweilen auch das nachfolgende überschätzt. Es bildet sich um den betonten Schlag herum ein „Zeithof". Beim Zweiertakt bevorzugten einige den aufsteigenden, andere den absteigenden Takt. Auch die Pausen können verschiedene Länge zeigen. Besonders auffallend ist die Neigung zur Bewegung. Man taktiert bei der Musik oft unwillkürlich mit dem Kopf, den Füßen, den Händen, man ahmt durch Umänderung und Verteilung der Bewegungen die akustischen Rhythmen nach.

· *G. E. Müller:* Die rhythmische Auffassung einer Reihe von Schallreizen ist eine Folge früherer Erfahrung. Durch begleitende rhythmische Bewegungen legen wir regelmäßig wiederkehrende Betonungsunterschiede hinein. Dazu hilft mit, daß die Schallreize leicht begleitende Bewegungen wecken und diese sich durch motorische Einstellung erhalten. Gegenüber gleich starken Lichteindrücken besteht diese Neigung nicht. *Koffka* bot rein optische Reize in einfacher regelmäßiger Wiederholung und gab keine Andeutung von der Möglichkeit eines Rhythmus, sondern nur die Anweisung, passiv zu beobachten. Gewöhnlich erschien dann zuerst das Ganze wirr, mit Unlustbetonung; dann fiel die Regelmäßigkeit in der Reizreihe auf. Endlich wurden gewisse Reize vor andern hervorgehoben und so Gruppen mit verschiedener Betonung gebildet. Auch taubstumme Kinder kamen von selbst dazu, die Reize mit Betonung zu zählen.

Die obere Grenze dafür, daß aufeinanderfolgende Reize rhythmisch aufgefaßt werden, war 2400 σ, die untere Grenze 300 σ; weiter nach unten störten die Nachbilder. Bei akustischen Reizen geht es viel weiter hinunter, nach *Bolton* bis 115 σ. Besonders günstig waren die mittleren Werte um 600 σ herum. Die Grenzen der rhythmischen Gruppen sind natürlich Vielfache dieser Werte, etwa von 650—5600 σ. — Der Beobachter gab den Rhythmus innerlich an, entweder durch begleitende sinnliche Vorstellungen oder gewöhnlich durch Mitzählen, wobei der Akzent eine Zahl betonte. Die Zeitintervalle zwischen den Gliedern einer Reihe treten nicht besonders ins Bewußtsein, sehr klar dagegen die Gruppenpause. Es wird dabei eine Leere im Bewußtsein bemerkt, zugleich mit der Erwartung einer neuen Gruppe. Doch schafft nicht die Pause den Rhythmus, sondern der Akzent. Die Gruppenpause erscheint verlängert. Auch können Veränderungen am betonten Reiz auftreten in der Gestalt oder Helligkeit. Beim Akzent wird meist Spannung berichtet, bisweilen auch größere Klarheit, Höhe, Intensität, Dauer. Für das Auffinden des Rhythmus ist nach *Ruckmich* (AmJPs 23 [1912]) das kinästhetische Element wesentlich; wenn der Rhythmus erst besteht, kann es zurücktreten und er von akustischen und visuellen Elementen getragen werden. Der optische Rhythmus zeigt klar die Augenbewegungen. Das Rhythmuserlebnis ist meist schwach lustbetont, bis es durch die Dauer langweilig wird.

2. Die aktive Schaffung des Rhythmus. Ist der willkürliche Rhythmus gebildet, so ist er dem unwillkürlichen wesensverwandt. Ist längere Zeit ein bestimmter Rhythmus dagewesen, so entsteht eine Perseveration, die die Bildung einer neuen Gruppierung erschwert. Komplizierte Gruppen wurden gewöhnlich in einfachere zerlegt. Sind sie nicht ein einfaches Vielfache, so bilden die überschüssigen Glieder häufig eine neue, unvollständige Gruppe, worin das erste Glied einen besonders starken Akzent erhält und verlängert erscheint; oder sie erscheinen als reines Anhängsel; oder sie erhalten sämtlich besonders starke Akzente. Als Ausdruck des Rhythmus kann vorhanden sein: Zählen, innere Rucke, verschiedene Tonhöhe, entsprechendes Atmen oder Wiegen des Körpers, alle möglichen Verbindungen von motorischen, akustischen, optischen Darstellungen; keine von ihnen ist notwendig.

Bock (AmJPs 30 [1919]): Fordert man jemanden auf, in beliebiger Schnelligkeit und Gruppierung zu tippen, ohne zu zählen, so lassen sich die so entstehenden Gruppen auseinander ableiten, so daß ihr Verhältnis ein Bruch aus kleinen Zahlen ist. Kommen nacheinander Gruppen von 30 und 31, so gehört der Grenzschlag zu beiden, die beide 31 sind. Tempo und Dauer sind die unabhängigen Veränderlichen, woraus sich die Zahl der Gruppen ableitet; denn ein Zählmechanismus besteht sonst nirgends, wohl aber Mechanismen für die beiden andern Tätigkeiten. Die

Gruppen beginnen gewöhnlich mit kleinen Zahlen und werden im Verfolg der Versuche meist zusammengesetzter. Beim Kind beginnt es mit Gruppen von 2, 3 und 4.

3. Das Wesen des Rhythmus. *Koffka* schließt aus den Selbstbeobachtungen, daß das Zählen und Klopfen nur Ausdruck des Rhythmus ist, daß dieser von den Tönen verschieden ist, durch eine innere Aktivität erlebt wird. Neben den Vorstellungen sei das Mitmachen bewußt; ein Beobachter dachte sich innerlich Worte, die rhythmisch waren, um nicht zu zählen; denn etwas müsse er tun. Ein anderer sprach von einem inneren Puls. Der Rhythmus ist nicht identisch mit den Lichtern, Tönen, Bewegungen, er liegt hinter ihnen. Er trägt aber dazu bei, solche Vorstellungen zu bilden, wenn sie nicht schon da sind; er muß sich ausdrücken. — *H. Werner:* Dem Rhythmus ist die Betontheit wesentlich: daß ein Element geistig kräftiger erfaßt wird als die andern. Dazu kommt das Eingebettetsein eines Elementes zwischen zwei andern. Beides zusammen macht die Gestaltverkettung aus. Die Elemente können Licht und Dunkel sein, Schall und Stille oder auch Verschiedenheiten der Intensitäten und Qualitäten. Bei Lichtrhythmen kann man auf die Lichter oder Pausen eingestellt sein, was nach den Untersuchungen *Werners* Zeitverschiebungen verschiedener Art gibt.

Das erste bei der Entstehung des Rhythmus ist gewöhnlich der Eindruck der Regelmäßigkeit; er schließt die Auffassung der Gleichheit der aufeinanderfolgenden Zeitabschnitte ein. Das nächste ist die Gruppenbildung; die Gruppe ist nach *Stumpf* das psychische Gebilde, das der Tätigkeit des Zusammenfassens entspricht, wenn zwischen den zusammengefaßten Gliedern sachliche Beziehungen bestehen. Der Rhythmus wird durch den Akzent geschaffen. Er ist nicht ein helleres Licht, ein stärkerer Ton usw., sondern etwas hinter den Empfindungen Liegendes, nämlich eine Äußerung dessen, was übereinstimmend innere Aktivität genannt wird. Ebenso *Bühler:* die wesentlichen Elemente des Rhythmus, die Zusammenfassung je einiger Glieder zu Einheiten und das Betonungsrelief sind nicht motorisch. Das letztere ist nicht notwendig ein Intensitätsrelief, sondern kann auch auf rein qualitativen oder örtlichen Verschiedenheiten beruhen.

Danach erklären sich die Täuschungen. Eine durch Zusammenfassen entstandene Empfindungsgruppe erhält durch das Einsetzen der Aktivität eine bestimmte Form. Gruppen werden durch Akzente gegliedert. Diese Veränderung wird vom Beobachter dann in die Reize verlegt. Da die Pause nach der Gruppe allein beachtet wird, wird sie überschätzt. Da das Rhythmuserlebnis eine Einheitsform ist, versteht man, daß jede Gattung von Sinneseindrücken, die Einheitsformen bilden kann, einen Rhythmus hervorzurufen vermag. Die bevorzugte Rolle des Motorischen erklärt sich daraus, daß hier das Element der Tätigkeit ganz besonders klar ist. Die Grenzen folgen daraus, daß Einheitsformen nur zwischen Inhalten bestehen können, die gleichzeitig im Bewußtsein sind; sie sind also durch das primäre Gedächtnis begrenzt. Eine sehr komplizierte Gruppe ist schwer aufzufassen; die ersten Glieder entschwinden da aus dem Bewußtsein.

Müller wendet ein, daß die Resultate *Koffkas* auf Motorisches zurückgeführt werden können. Es traten ja fast regelmäßig auch dort motorische Vorstellungen ein: die Versuchspersonen sprachen mit verschiedener Betonung kurze Worte aus, zählten taktmäßig, klopften mit dem Finger, summten, bewegten den Kehlkopf, die Augen, den Körper usw. Einige sagten ausdrücklich, es war kein Rhythmus mehr da, wenn das Zählen aufhörte. Auch die Äußerungen, daß die Rhythmisierung auf einer Aktivität beruhe, lassen sich gut mit der motorischen Natur vereinigen. Die Behauptung, daß nur visuelle oder akustische Vorstellungen vorhanden gewesen seien, schließt mannigfache Bewegungen nicht aus. Wenn eine Versuchsperson sagte, es sei etwas im Bewußtsein gewesen, was dem Zählen entsprach, oder sie habe, um nicht zu zählen, rhythmisch betonte Wörter im Bewußtsein gehabt, es

sei, wie wenn ihr ein Puls Takt schlüge, wie ein innerlicher Ruck: so weist das alles sehr wahrscheinlich auf motorische Elemente hin. — Daraus schließt *Müller,* daß kein Grund vorliegt, den Rhythmus auf eine hinter dem Anschaulichen liegende innere Tätigkeit zu beziehen.

Diese Ausführungen heben mit Recht die kaum zu überschätzende Bedeutung des Motorischen im Rhythmus hervor, die nicht wesentlich dadurch eingeschränkt wird, wenn nach *Ruckmich* für kurze Zeit oder mit Anstrengung der Rhythmus auch ohne es aufrechtzuerhalten ist. Aber dabei bleibt die weitere Frage berechtigt, was nun in diesem Material, sei es ausschließlich oder bloß vorzüglich motorisch, das wahre Wesen des Rhythmus ausmacht. Es gibt ja auch Motorisches in einer nicht betonten Schlagfolge. Die von *Koffka* namhaft gemachte innere Aktivität scheint noch nicht der schärfste Ausdruck für das Gesuchte zu sein. Diese Aktivität findet sich eher im Aufsuchen des Rhythmus, im Streben, oder wie *Müller* mit Recht bemerkt, im motorischen Element als solchen. Genauer wird vielmehr das Ergebnis dieser innern Aktivität, die von *Stumpf* hervorgehobene Einheitsform oder Gestalt als das Wesentliche anzusetzen sein. Die Eigentümlichkeit der besondern Rhythmusgestalt aber besteht in dem regelmäßigen Wechsel verschiedener Elemente, wobei eine Verschiedenheit der Auffälligkeit, der Betonung im weitesten Sinne, ein Akzent gemeint ist, und diese Folge in der vorher erklärten Weise als Einheit aufgefaßt wird.

§ 5. Zur Theorie der Zeitwahrnehmung.

Auch hier begegnet uns wieder der Gegensatz von Nativismus und Empirismus. *Lipps* stellte eine empiristische Theorie der „Temporalzeichen“ auf: Die von den einzelnen Momenten eines Intervalls herrührenden Erinnerungsbilder bilden beim nachherigen Überschauen der Zeitstrecke eine Reihe immer blasserer Vorstellungen. Diese werden für die Seele zu Temporalzeichen, auf die sie mit der Anschauung der Zeit antwortet. Nach der genetischen Theorie von *Wundt* sind unsre unmittelbaren Zeitvorstellungen simultane Größen. Wie wäre es sonst denkbar, daß in einem Dreiertakt mit betonter dritter Silbe diese vorauswirkt und das Intervall vor sich verlangsamt? Wir fassen vielmehr den Takt als Ganzes auf, das als solches vollständig im Bewußtsein liegen muß, ehe den einzelnen Taktschlägen irgend ein zeitliches Verhältnis gegeben wird. Die Temporalzeichen sind Verschmelzungsprodukte von qualitativen Gefühlselementen und intensiven innern Tastempfindungen, die die zeitliche Form bilden. *Klien* setzt für kleine Zeiten das Sich-Ausleben der Empfindung, für große die wachsende Aufmerksamkeitsspannung, für mittlere ein Zusammenwirken beider als Temporalzeichen an.

Von dieser Lehre gilt dasselbe, was früher zur empiristischen Herleitung der Raumwahrnehmung gesagt wurde. Es ist in keiner Weise zu sehen, wie die Verschmelzung von Elementen, die nichts Zeitliches sind, die Zeit aufbauen könnten. Natürlich sagt kein Nativist (wie *Klien* meint), die Zeitwahrnehmung habe keinen sonstigen Inhalt, sei in diesem Sinn von jeder sonstigen Wahrnehmung unabhängig. Ebensowenig leugnet er, daß bei der genaueren Gliederung und etwaigen Umformung der Zeitordnung fremde Kriterien, wie Blaßheit der Vorstellung, Spannung behilflich sein können; sondern er behauptet nur, daß in der Gesamtwahrnehmung das zeitliche Element nicht aus andern ableitbar, zusammengesetzt sei, genau wie beim Flächensehen das Nebeneinander ein ursprüngliches Element ist. Die Zeittäuschungen bei den rhythmischen Gruppen beweisen nicht, daß nicht sofort ein Nacheinander bewußt war, sondern bloß, daß bei der nachherigen Beurteilung oder Einheitsbildung eine Verschiebung eintreten kann. In der Anerkennung des nativistischen Charakters der Zeitauffassung stimmen denn auch heute die meisten Psychologen

überein. *Ebbinghaus:* Das Bewußtsein der Aufeinanderfolge, der Dauer usw. ist notwendig ebenso unmittelbar als das des Nebeneinander. Ähnlich *Höfler, Külpe, Mach, Schumann, Messer. Meumann:* Es ist eine letzte, nicht weiter ableitbare Tatsache, daß die Bewußtseinsvorgänge zeitlicher Natur sind. — Wir können sagen: Wenn es auch nicht selbstverständlich ist, daß wegen des Nacheinander der Ereignisse die Erkenntnis des Nacheinander entstehe, so ist dieser Zusammenhang um so sicherer als Tatsache hinzunehmen und kann nicht auf andere Bewußtseinserlebnisse zurückgeführt werden.

Für die weitere Ausbildung der Zeitanschauung mag dann vieles von dem, was der Empirismus zu Unrecht für die Entstehung vorbringt, recht wohl herübergenommen werden. Wenn einmal die Zeitlinie in der Wahrnehmung anschaulich gegeben ist, so ist ihre Ausdehnung in die fernere Vergangenheit eine Sache der Vorstellung. Die Anordnung der Erlebnisse an bestimmte Stellen dieser Linie benützt auch die Mittel, die bei der subjektiven Zeitschätzung erwähnt worden sind. Wir verlegen unter Umständen etwas nur schwach Reproduzierbares in größere Vergangenheit. Bei der Vergleichung eben erlebter kleiner Zeiten handelt es sich um die vorher weitläufig besprochenen Urteilsbedingungen. Da ist zu unterscheiden zwischen den kleinen Zeiten, bei denen bloß die Schnelligkeit der Aufeinanderfolge beurteilt wird; den mittleren Zeiten, wo die ganze Zeit in einer Wahrnehmung gegenwärtig ist; hier kann es vorkommen, daß die Zeitstrecken sich im Bewußtsein verändern und so Zeittäuschungen bewirken, oder daß der Gesamtkomplex der Zeiten erst nachträglich zu einem klaren Vergleichungsurteil Anlaß gibt usw. Endlich bei den größeren Zeiten wird es sich immer um indirekte Hilfsmittel handeln, etwa um Bildung von Einheiten, die gezählt oder geschätzt werden.

§ 6. Die Bewegungswahrnehmungen.

Literatur. *W. Stern*, Die Wahrnehmung von Bewegungen vermittelst des Auges, in ZPs 7 (1894) 321 ff. — *R. Hamann*, Über die psychologischen Grundlagen des Bewegungsbegriffs, in ZPs 45 (1907) 231 ff. — *Woodworth*, Le mouvement (aus dem Englischen).

1. Allgemeines über Bewegungswahrnehmung. Das Bemerken einer Bewegung kann nach *Stern* a) das Resultat eines Vergleiches sein, eine mittelbare Bewegungserkenntnis auf Grund der Ortsverschiedenheit zu verschiedenen Zeiten, wie beim Stundenzeiger der Uhr; oder b) eine unmittelbare Anschauung der Bewegung selbst, wie beim Sehen der Bewegung des Sekundenzeigers. Bei einem aus weiter Entfernung herankommenden Wagen haben wir der Reihe nach beides. Die eigentliche Bewegungswahrnehmung dagegen ist die zweite Art, der anschauliche Bewegungseindruck. Dieser hat eine obere und untere Schwelle der (Winkel-)Geschwindigkeit. Ein Körper, der blitzschnell vorbeihuscht, bleibt unbemerkt, oder wenn seine Bewegung periodisch ist, erscheint er als ruhende Figur, z. B. die in einem Kreis geschwungene glühende Kohle als stillstehender Kreis. Nach *Aubert* ist unter günstigen Bedingungen (für einen fixierten Punkt inmitten ruhender Objekte) die untere Schwelle eine Winkelgeschwindigkeit von 1—2′; entsprechend einem Weg über 7 Zapfen hinweg. Einen schnellbewegten Punkt sieht man im Dunkeln sich ebenso schnell bewegen wie inmitten bekannter Objekte; selbst wenn man ihm mit dem Blick folgt, kann man die Bewegung bemerken, obwohl erst bei größerer Schnelligkeit. Übrigens erscheint im Dunkeln die eben merkliche Bewegung langsamer als im Hellen. Bei einer Schnelligkeit von 14′ fing die Be-

wegungswahrnehmung für einen Punkt an, bei doppelter Schnelligkeit war sie sicher, für größere Objekte, wie für Kreise, erst bei 40′ (*Bourdon*). — Die obere Schwelle, bei der keine Bewegung mehr wahrgenommen wird, sondern bloß noch Veränderung, liegt nach *Bourdon* bei 23—27 σ. — Für die Wahrnehmung der Folge zweier Punkte gibt *Exner* 45 σ als Schwelle an; für die Erkenntnis der Bewegung schon 15 σ; *Bourdon* dagegen, daß bei 48 σ die Folge sicher erkannt wird, von 20 σ an in mehr als der Hälfte der Fälle, was mit der Verschmelzungsfrequenz für denselben Punkt der Netzhaut stimmt. Daraus folgert er gegen *Exner*, daß die Wahrnehmung der Bewegung und der zeitlichen Folge gleiche Zeiten brauchen. — Nach *Bourdon* ist die Unterschiedsempfindlichkeit für mittlere Geschwindigkeit 1/12, für langsamere 1/8.

Wir können gleichzeitig Bewegungen nach mehreren Richtungen und von verschiedenen Geschwindigkeiten wahrnehmen. Man kann eine Bewegung entweder mit ruhendem Auge sehen, wobei das Objekt über die Netzhaut verschoben wird, oder so, daß man dem bewegten Gegenstand mit dem Auge folgt. Da merkt man die Bewegung teils an der Verschiebung des bewegten Gegenstandes gegen seine Umgebung, teils indem man die eigene Augenbewegung fühlt. Die gesehene Bewegung erscheint dabei schneller, wenn man das Auge ruhig hält, als wenn man dem Gegenstand folgt, nach *Fleischl* und *Aubert* etwa doppelt so schnell. Als Grund führt *Stern* an: Beim Folgen des Blickes gehen häufig noch Körperbewegungen mit, die wir unterschätzen; die längere Sichtbarkeit eines Objektes ist nach der Erfahrung ein Zeichen geringerer Geschwindigkeit.

Mäßig bewegte Objekte werden früher unterschieden als ruhende. Ein eben nicht mehr sichtbarer Schatten wird es sofort wieder, wenn man ihn bewegt. Deshalb verhalten sich Menschen im Versteck regungslos, stellen sich Tiere tot, sucht man sich durch Tücherschwenken bemerklich zu machen. Eine Bewegung kann bemerkt werden, ohne daß man ihre Richtung angeben kann, was übrigens bei jeder Veränderung gilt. Deshalb kann eine Bewegung wahrgenommen werden bei einer Entfernung der Endpunkte, die als solche noch nicht unterschieden würde.

Das periphere Bewegungssehen. Die Sehschärfe für Bewegungen ist im Zentrum beträchtlich größer als in der Peripherie. *Stern:* im Zentrum ist die Schwelle ein Gesichtswinkel von 15″; in 20° Entfernung 75″, also fünfmal so groß. Nach *Aubert* ist die Schwelle für die Geschwindigkeit im direkten Sehen 1′, in 9° Entfernung vom Zentrum schon 13—18′. *Meumann:* Wenn man dieselbe Funkenreihe einmal direkt und zugleich durch einen Spiegel indirekt betrachtet, scheint die indirekt betrachtete enorm langsamer.

Anders werden die Resultate, wenn man die Empfindlichkeit für Bewegung und für Ortsverschiedenheit am selben Ort vergleicht. Für das direkte Sehen fand *Stern* die Entfernung, in der gerade noch zwei Objekte zu unterscheiden waren (die Sehschärfe), und diejenige, innerhalb deren Bewegung wahrgenommen werden konnte, ziemlich gleich, besonders wenn feste Vergleichsobjekte sichtbar waren; der Gesichtswinkel war 15″. Anders im indirekten Sehen; da war bei großer Helligkeit die Empfindlichkeit für Bewegung beträchtlich größer als für Ruhe, bisweilen viermal so groß: für Ruhe war die Schwelle 270″, für Bewegung 75″ (in 20° Entfernung vom Zentrum). (*Exner:*) Schiebt man von hinten kommend einen Finger ins Gesichts-

feld, so gibt es eine Stelle, wo derselbe bei Ruhe unsichtbar ist, bei Bewegung sofort bemerkt wird. Der Unterschied ist nach *Stern* zu erklären, wenn etwa die Irradiation im Zentrum Null wäre, in der Peripherie groß. — Gewöhnlich ist die Bewegungswahrnehmung bei ruhendem Blick bloß der Anlaß, den Blick auf das Objekt zu richten und ihm zu folgen. Ebenso erkennt man erst dann die Entfernung genügend und erhält einen absoluten Geschwindigkeitseindruck.

2. Das scheinbare Subjekt der Bewegung (*Hamann*). Bei den sich relativ gegeneinander verschiebenden Objekten wird meist mit sinnlicher Lebhaftigkeit das eine als bewegt gesehen. Der Grund der Entscheidung ist gewöhnlich die Erfahrung.

a) So gilt es für das optische Verhältnis der relativen Bewegung. Bei Eigenbewegung des Körpers erlebt man, daß sich die gesehene Welt als ganzes, zusammengehöriges Feld in gesetzmäßiger Weise verschiebt. Deshalb kann die letztere Verschiebung zum Zeichen für die Bewegung des eigenen Körpers werden. Am klarsten bestätigen das die Bewegungstäuschungen. So bei der „Hexenschaukel“: die Schaukel befindet sich in einem ringsum abgeschlossenen Zimmer, das in einem vertikalen Kreis bewegt wird, ohne daß man diese Bewegung sieht. Wer darin sitzt, nimmt dann wahr, daß die Schaukel entgegengesetzt bewegt, ja selbst ganz herumgeschleudert wird. Schaut man von einer Brücke auf fließendes Wasser hinab, das möglichst das ganze Gesichtsfeld einnimmt, so sieht man sich oft mit der Brücke dem Wasser entgegengesetzt fahren. *Mach* ahmte die Täuschung an einem sehr breiten rotierenden Teppich nach. *Machs* Tochter glaubte in einem starken Schneefall in die Höhe zu steigen. Im Mareorama erscheinen Felsen, Landschaften usw. unbewegt, das Schiff, in dem man selbst sitzt, bewegt. — Wenn man beide Objekte als Teil eines einzigen auffaßt, wird eine gesehene Bewegung auch wohl einfach auf Benachbartes übertragen. Laufen an einem Draht Wassertropfen herunter, so scheint sich der Draht zu bewegen. Sieht man am Rand des Meeres die Wellen zurücklaufen, so glaubt man sich mit ihnen zu bewegen.

Handelt es sich um die relative Bewegung zwischen einem gesehenen isolierten Körper und dem Hintergrund, so schreibt man entsprechend der Erfahrung gewöhnlich dem ersteren die Bewegung zu. Zugehörige Täuschungen sind: Bei heftiger Bewegung des Schiffes scheinen die frei aufgehängten, also objektiv ruhenden Lampen sich entgegengesetzt zu bewegen; erst ein Blick auf das Wasser enthüllt die Wahrheit. Der Mond scheint durch die Wolken zu eilen, wenn man sich nicht an nahen Hauswänden orientieren kann. — In andern Fällen verteilt sich die Bewegung auf beide Objekte: öffnet man eine Schere, indem man ihren einen Arm ruhig hält, so scheint derselbe sich entgegengesetzt zu bewegen wie der wirklich bewegte. Diese Gesetzmäßigkeit wird oft in die Worte gekleidet: „Wir übertragen die Bewegung leichter auf das kleinere Objekt“, was in vielen Fällen stimmt.

b) Das scheinbare Subjekt der Bewegung bei den Augenbewegungen (*Hillebrand,* Die Ruhe der Objekte bei Blickbewegungen, in Jahrbücher f. Psychiatrie u. Neurol. 40 [1920]). Wenn sich das offene Auge dreht, tritt unter Umständen entsprechend der Verschiebung der Bilder auf der Netzhaut eine entgegengesetzte Scheinbewegung ein, unter Umständen auch nicht. Die Verschiebung besteht, wenn das Auge durch äußere Kräfte (seitlichen Fingerdruck, auch vonseiten des Sehenden; Prisma) oder unwillkürliche Muskeltätigkeit (Drehschwindel) gedreht wird. Dagegen bleiben die Objekte in Ruhe, wenn man die Augen willkürlich dreht. Die sonstige Wirkung der Netzhautverschiebung muß also da durch etwas anderes ausgeglichen werden, das nicht an die wirkliche Bewegung geknüpft ist, sondern an den bloßen Willen der Bewegung. Denn wenn die beabsichtigte Rechtsdrehung durch Augenmuskellähmung gehemmt wird, bleibt ihre ortsverändernde Kraft bestehen und bewirkt, da diesmal keine Netzhautverschiebung entgegensteht, eine Rechtsdrehung

der Objekte. Wie leistet der Bewegungswille diese Umwertung der Orte? Das bloße Wissen, daß die Objekte in Ruhe bleiben, genügt nicht. Das hat man ja auch bei der Augenmuskellähmung. Nach andern rufen die Bewegungsempfindungen eine ausgleichende Ortsverschiebung hervor. Dagegen: Beim Augenzittern (Nystagmus) müßten etwaige Bewegungsempfindungen ihre ausgleichende Kraft offenbaren, was sie nicht tun; es treten vielmehr Scheinbewegungen des Sehfeldes ein. Also können die Bewegungsempfindungen auch sonst nicht diese Ausgleichung leisten.

Hering verwies deshalb auf die Aufmerksamkeitsrichtung, was *Hillebrand* eingehend durchführt. Der willkürlichen Augenbewegung von *a* nach *b* ist wesentlich, daß man vorher die Aufmerksamkeit auf den neuen Ort *b* richtet, also eine Verlagerung der Aufmerksamkeit. Im Bestehen dieses der Willkür eigentümlichen Stadiums sieht *Hillebrand* den Grund für die Ruhe der Objekte. Bei der unwillkürlichen Augenbewegung fällt dieses vorbereitende Stadium weg, und damit der Anlaß, unverändert zu lokalisieren; bei der Augenmuskellähmung im Gegenteil hat die Aufmerksamkeitswanderung ihren normalen Erfolg der Ortsumwertung, der bei der fehlenden Netzhautverschiebung sich dann rein offenbart. Die Störung der Augenmuskellähmung geht übrigens bei Übung zurück, wie *Hillebrand* annimmt, indem die Aufmerksamkeitswanderung träger wird und sich der Blickbewegung anpaßt. — In dieser Erklärung bleibt die Art, wie die Aufmerksamkeitswanderung wirkt, dunkel. Das bloße Verlegen könnte längere Zeit vor der Blickbewegung stattfinden und ändert dann nichts an den Orten. Also muß es sich mit dem Willen der Augenbewegung verknüpfen und die Art dieser Verknüpfung ist nicht aufgeklärt. Ferner, wenn man Kopf oder Körper schnell und ausgiebig dreht, wo man den Endort nicht vorher seitlich erblicken konnte, pflegt die Außenwelt ruhig zu erscheinen. — Da liegt die Vermutung nahe, daß nicht zwar das abstrakte Wissen, wohl aber die genügend lange Einübung die Ruhe der Objekte durch starke Assoziation liefern könnte, wie bei andern starken Erfahrungsassoziationen (das Tiefensehen im Verant). Das kann etweder so geschehen, 1. daß wir lernen, mit der indirekt gesehenen Entfernung eine genau entsprechende Verschiebung des Gesichtsfeldes zu verbinden, die bei wirklicher nachheriger Bewegung die gleich große Netzhautverschiebung aufhebt, beim unerwarteten Ausfall der Bewegung allein übrig bleibt; oder 2. so daß mit dem Gesamtkomplex einfach das Bewußtsein der Ruhe verbunden ist, wobei keine vorherige Entfernungsschätzung nötig ist, die vermutlich auch nicht besteht. Beim Springen des Blickes auf ein entfernt gezeigtes Objekt pflegt nicht der erste große Sprung ganz genau zu sein, sondern durch Zusatzbewegungen verbessert zu werden. In diesem Fall muß für die Scheindrehung bei Augenmuskellähmung eine sekundäre Täuschung angenommen werden, indem das Ausbleiben der erwarteten Fixation, auch nach Erfahrungen, durch ein Fliehen des Objektes gedeutet wird. Für diese Vermutung spricht, daß die Ruhe erst erlernt werden muß. Der von *Franz* operierte Blindgeborene sah alle Verschiebungen der Netzhautbilder als Objektbewegung, auch wenn sie durch willkürliche Augenbewegung verursacht waren. *Stratton* sah nach Ablegen der umkehrenden Linse anfangs jede Blickbewegung deutlich als Objektbewegung. Für dasselbe spricht die Umlernung bei der Augenmuskellähmung.

c) Bewegungseindruck ohne Verschiebung von Netzhautbildern. Dergestalt ist die eben erklärte Scheinbewegung bei Augenmuskellähmung. Der *Mach*sche Drehschwindel: Wenn man im Drehkasten gedreht, dann plötzlich angehalten wird und einen Stern fixieren muß, hat man zunächst Wahrnehmung der entgegengesetzten Drehung. Da aber das gesehene Objekt verharrt, erscheint es wie ein bewegter Gegenstand, den man verfolgt, ohne ihm näherzukommen. Genauer bestätigt *Dittler* (ZPs II 52 [1921]) die Angabe *Herings*, daß, während nach Körperdrehung die Augen sich lebhaft bewegen, was auf das Sehfeld übertragen wird, ein vorher entworfenes

Nachbild ruhig seine Lage beibehält. Nur bei einem seiner Beobachter gegen alle übrigen bewegte das Nachbild sich auffallenderweise mit dem Auge, wofür *Dittler* verschiedene Erklärungen in Erwägung zieht. Sonst zeigte das Nachbild nur die andere Abhängigkeit vom statischen Organ, daß es statt vorn- vielmehr seitlich erschien, aber inmitten des Sehfeldes, das sich als ganzes langsam zu drehen schien (S. 164). Im Dunkeln erscheint bei geneigtem Kopf eine betrachtete Lichtlinie verschieden geneigt (S. 268). Leitet man einen elektrischen Strom durch den Kopf, so bewegt sich die Lichtlinie, aber ohne scheinbar ihre Neigung zu vergrößern (*Nagel*). Da wird wohl wieder eine dauernde Gegendrehung (vom statischen Organ aus) vorliegen.

d) Die autokinetischen Bewegungen. Ein Lichtpunkt, den man im Dunkeln länger beobachtet, scheint sich oft plötzlich zu bewegen. *Exner* fand Scheinbewegungen bis 30°, *Myers* sogar bis 65°. Die Bewegung wird geringer, wenn Licht dazutritt. Unerwartete Geräusche bewirken eine Bewegung in dieser Richtung; wenn die Aufmerksamkeit sich auf den Boden wendet, bewegt sich auch das Licht dahin. Nach *Marx* war dabei die Fixation gewöhnlich unverändert geblieben; jedenfalls betrug die mittlere Abweichung nie über 10′. Nach *Bourdon* begünstigt schwache Intensität und Ermüdung die Erscheinung. Seine Erklärung ist: Wird an die Richtung „oben“ gedacht, so bewegt sich unbewußt das Auge etwas in dieser Richtung. Das Aufhören der Fixation führt dann den Blick zurück, wobei das Objekt sich entgegengesetzt (nach oben) zu bewegen scheint; diese Bewegungen addieren sich allmählich. — Es ist aber unwahrscheinlich, daß sich so die großen Werte der oft plötzlichen Täuschung erklären. *Myers* vermutet, daß sich der Gesichtsraum relativ gegen uns bewege. Wir sehen das noch immer fixierte Licht wegen der Aufmerksamkeitswanderung als auf dem Boden befindlich an und ergänzen den Sehraum entsprechend. Auch in den Versuchen *G. E. Müllers* über das *Aubert*sche Phänomen wurde öfters bei längerem Betrachten unregelmäßiges Schwanken festgestellt. Es kam vor, daß die Linie sich scheinbar um 60 *cm* erhoben hatte, mit dem deutlichen Eindruck, daß man nun zu ihr emporsehe.

Allgemeiner beschreibt *Wertheimer* die Schwankungen der Raumorientierungslage. Bestimmte Momente verankern den Sehraum auf eine gewisse Orientierungslage. Wenn sie stark verändert werden oder länger fehlen, so kann sich die Verankerung lösen. Besonders bekannt ist der Einfluß des Labyrinthes; die unbewußten Augenbewegungen, die dabei auftreten, verwirren und täuschen über die Raumlage. Die autokinetischen Bewegungen beruhen eben darauf, daß bei längerem Aufenthalt im Dunkeln die Verankerungsmomente fehlen, weshalb es zum Schwanken der Raumlage kommt. Dasselbe Schwanken läßt sich optisch bewirken. Es wurde ein Spiegel aufgestellt, so daß darin das ganze Zimmer um 45° geneigt erschien. Nach einigen Minuten gewöhnt man sich daran, so daß das schräge Zimmer nun normal erscheint. Läßt man eine scheinbare Vertikale einstellen, so geschieht das am Anfang des Experiments richtig, später, wenn man sich an die schräge Lage gewöhnt hat, wird die Einstellung schräg und unsicher.

3. Der Vergleich von Bewegungsgrößen.

(*Woodworth.*) Die Empfindlichkeit für die Bewegungsgröße: *Falk* findet den mittleren Fehler zwischen $^1/_{11}$ und $^1/_{57}$; ähnlich *Fullerton* und *Cattell* zwischen $^1/_6$ und $^1/_{77}$. Nach ihnen nimmt der Fehler mit größerer Strecke zu, aber nicht proportional (*Weber*sches Gesetz), sondern wie die Quadratwurzel. Andere Ergebnisse schwanken nach *Woodworth* zwischen beiden Gesetzen, stehen aber dem der Quadratwurzel näher. Als Kriterium der Bewegungsgröße betrachteten manche die Dauer oder Lage. Indessen wird nach *Fullerton* und *Cattell* die Größe der Bewegung genauer wahrgenommen als die Zeit oder Anstrengung. Auch die Wahrnehmung der Lage ist weniger genau als diejenige der Bewegungsgröße. Nach *Angier* (ZPs 39

[1905]) war die Geschwindigkeit insofern von Einfluß, daß bei einer besonders großen Schnelligkeit die Bewegungsgröße überschätzt wurde. Ob die Bewegung aktiv oder passiv war, machte nicht viel aus; ebensowenig, ob gleichzeitig ein Gewicht den Arm nach der einen oder andern Seite zog.

Loeb hatte beobachtet: Soll man bei geschlossenen Augen mit der Hand Bewegungen ausführen, die gleich groß erscheinen, so wird die Bewegung um so kleiner, je größer bei ihrem Beginn die Verkürzung der Muskeln ist. Er erklärte das aus der Innervationsempfindung. *Kramer* und *Moskiewicz* dagegen betrachteten als Kriterium des Vergleichs die Gleichheit der Zeiten: bei Verkürzung der Muskeln werde die Bewegung unbequemer, deshalb langsamer ausgeführt. *Jaensch* (ZPs 41 [1906]) wies nach, daß die Voraussetzung dieser Erklärung wirklich zutrifft, daß nämlich die Zeiten in der Tat gleich sind, wenn die Bewegungsgrößen für gleich erklärt werden. Bei *Erisman* (ArGsPs 24 [1912]) bewegt sich die Unterschiedsempfindlichkeit meist um $^1/_{10}$ herum. Sie ist für aktive Bewegungen ein wenig feiner als für passive. Die Schwelle der Bewegung kann nicht auf die viel ungenaueren für Dauer und Geschwindigkeit zurückgeführt werden. Nach *Störring* (ArGsPs 25, 177 ff.) sind die Einflüsse auf die Bewegungswahrnehmung fast unübersehbar groß. Bei der Bewegungsschnelligkeit ist der Anstoß und die Hemmung von Einfluß: der leichte Anstoß gibt eine klare Endlageempfindung; der stärkere Anstoß wirkt im Sinne der Überschätzung der durchlaufenen Strecke; der sehr starke Anstoß verdeckt den Bewegungseindruck. Auch ist von Bedeutung, ob die Bewegung mit Dauerimpuls oder mit Momentanimpuls geschieht. Es kommt ferner auf die Beschleunigung an. Bei Visuellen wird die Streckenschätzung durch verschiedene Geschwindigkeit fast nicht beeinflußt. Er schließt, daß die Bewegungsschätzung nicht wesentlich auf der Schätzung von Geschwindigkeit und Dauer beruht.

4. Das Bewegungsnachbild.

Literatur. *v. Szily,* Bewegungsnachbild und Bewegungskontrast, in ZPs 38 (1905) 81 ff. — *W. Hunter,* The after-effect of visual motion, in PsR 21 (1914) 245 ff.; PsR 22 (1915) 479 ff. — *Wohlgemuth,* On the after-effect of seen movement, in BrJPs, Mon. Suppl. 1 (1911).

Schon *Aristoteles* erwähnt: Wenn man plötzlich von bewegten Objekten wegblickt, wie von einem Fluß oder schnellen Strömungen, dann erscheinen ruhende Objekte in Bewegung. Genauere Beobachtungen stammen von *Purkinje* (1825) und *Joh. Müller.* Hat man lange in einen Fluß geblickt und sieht nun plötzlich auf den Boden der Brücke, so scheint sich dieser entgegengesetzt zu bewegen. Allgemein tritt nach einer gesehenen Bewegung eine entgegengesetzt gerichtete Scheinbewegung an derselben Stelle des Sehfeldes ein, und nur dort.

Die Bedingungen des Versuches. Methoden. *Plateau* erzeugte mit einer langsam gedrehten Spirale eine Scheinbewegung in der Richtung des Halbmessers; nach Aufhören der objektiven Bewegung kehrt sich diese Scheinbewegung um. Am meisten verwendet wird ein Papier, mit engen parallelen Linien überzogen, das in der auf die Linien senkrechten Richtung bewegt wird. Wird das Papier schräg zur Linienrichtung verschoben, so geht die Richtung der Nachbewegung wie die scheinbare Bewegung selbst senkrecht zur Linienrichtung vor sich, nur entsprechend langsamer. Das Nachbild läßt sich ebenso erzielen, indem man über ein ruhig liegendes Linienpapier aktiv mit dem Blick hinübergleitet. Bleibt man dann stehen, so geht nachher die Figur in der vorigen Richtung des Blickes weiter (also zur scheinbaren Linienbewegung entgegengesetzt). Wesentlich für die Erzielung des Nachbildes ist immer, daß sich das Objekt auf der Netzhaut verschiebt. Günstig ist, wenn die Fläche, auf die man blickt, keine auffallenden Figuren aufweist, die stören würden. Die Erscheinung ist klarer, wenn das Auge fixiert, nicht den bewegten Linien folgt, und bessert sich mit Übung. Der subjektive Inhalt des Nachbildes ist eine Art

strahligen Nebels, in welchem die Form der vorher bewegten Linien zu erkennen ist. Bisweilen ist es, als ob die ganze Fläche entgegengesetzt bewegt würde, bisweilen wie eine gespensterhafte Schattenbewegung, oder als bewege sich etwas zwischen Beobachter und Fläche. Das Nachbild schließt sich unmittelbar dem empfangenen Bewegungseindruck an (*Exner*). — Einige möchten beim Nachbild mehr von Intensität als von Geschwindigkeit sprechen. Der Gegenstand, heißt es, ist in einer Bewegung begriffen, ohne sich vom Ort zu entfernen. *Wohlgemuth* findet, daß einem Beobachter die Erscheinung durch eine objektive Bewegung daneben genau wiedergegeben erschien. War die Vorbewegung 12 Drehungen in 30″, so ergab sich als mit der Nachbewegung gleichwertig 1 Drehung in 200″. Doch bezeichneten andere seiner Beobachter die Nachbewegung als geisterhaft. *Wohlgemuth* selbst findet sie nie einer realen Bewegung ähnlich, aus dem Grunde, weil die Veränderung der Lage im Raum fehle.

Eigenschaften: Die Dauer der Nachbewegung wächst nach *Kinoshita* (ZPs II 43 [1909]) mit der Länge der Fixierzeit und der Geschwindigkeit der Vorbewegung zwischen 4—30″. Bei Dunkeladaptation ist die Nachbewegung kürzer; ebenso im indirekten Sehen, und da zugleich stürmischer. Wird nach der Vorbewegung zunächst das Auge so lange geschlossen gehalten, als sonst die Nachbewegung dauert, so ist beim Wiederöffnen noch Nachbewegung sichtbar. Die Reizbewegung gesehener Objekte scheint die Kraft der Nachbewegung schneller zu erschöpfen. Läßt man auf eine Bewegung mit folgender Nachbewegung die entgegengesetzte Bewegung mit ihrer Nachbewegung folgen, so ist letztere geschwächt. Doch selbst nach 50 Paaren solcher Bewegungen war die Nachbewegung noch $^{1}/_{4}$ der anfänglichen. Diese Ermüdung für eine Bewegungsart beeinflußt nicht nachherige Bewegungen in dazu senkrechter Richtung, wohl aber Bewegungen in andern Farben. Die Nachbewegung findet auch statt, wenn während der Vorbewegung die Aufmerksamkeit stark abgelenkt war.

Für die Abhängigkeit von der Schnelligkeit der Vorlage gilt: Wird die Drehung einer Scheibe mit schwarz-weißen Sektoren bis zu starkem Flimmern gesteigert, dann erscheint schon während der objektiven Betrachtung ein nebelartiger Schleier, der sich nach der Drehungsrichtung hin bewegt. Bei weiterer Steigerung der Geschwindigkeit wird das Flimmern schwächer. Zugleich verlieren die Bewegungsnachbilder an Intensität, bleiben jedoch erst aus, wenn die Linien völlig verschwimmen. Sehr langsame optische Bewegungseindrücke können noch kräftige Nachbilder hervorrufen, wenn nur die Einwirkungszeit entsprechend verlängert wird. Schon eine Winkelgeschwindigkeit von 7′ in der Sekunde, die 40 Sekunden lang einwirkte, war von einer merklichen Nachbewegung gefolgt. Die Wirkung wächst mit der objektiven Schnelligkeit zunächst stark, erreicht bald einen Höchstwert und nimmt mit weiterer Zunahme der Schnelligkeit ab. Der Höchstwert lag für *Wohlgemuth* bei 7—10 *cm*. Die Nachbewegung ist ferner stärker, wenn das Feld stärker beleuchtet ist, die Linien klarer sind. Das Entscheidende ist der Weißreiz; Grau-Weiß ist wirksamer als Schwarz-Weiß. Auch wird die Wirkung größer, wenn die Linien enger sind, wenn ihre Zahl zunimmt. Auch Farben wirken trotz gleicher Helligkeit wie Schwarz und Weiß. Bei sehr großer bewegter Fläche fand *Wohlgemuth* die Nachempfindung fast null. *Thalman* (AmJPs 32 [1921]) dagegen findet auch dann in der Hälfte der Fälle verschiedene Stärke der Nachbewegung; nur weniger Geübte vermißten sie öfter. Wurden nebeneinander Flächen in entgegengesetzter Richtung bewegt, so gaben beide ihre richtige Nachbewegung, wenn auch kürzer und schwächer.

Der Kontrast: War ein mittleres bewegtes Feld von unbewegten umgeben, so sah man nachher bei geschlossenen Augen zunächst in der Mitte entgegengesetztes Strömen. Dann entwickelte sich darum das gewöhnliche Nachbild der Umgebung, das

nur entgegengesetzt zur Richtung der zentralen Strömung bewegt erschien, trotzdem diese Strömung unmerkbar geworden war. Bisweilen schienen die mittleren entgegengesetzten Strömungen sich an den Grenzen in eine gleichgerichtete umzubiegen.

Das gleichgerichtete Bewegungsnachbild: Wenn *Helmholtz* und *Engelmann* angeben, daß bei der Eisenbahnfahrt das Bewegungsnachbild gleichgerichtet sei, wird das als Erinnerungsnachbild oder Vorstellung gedeutet. Ein sinnliches Nachbild dieser Richtung behauptet *Stern*, wenn die Vorbewegung einen großen Teil des Gesichtsfeldes erfülle. Freilich ist dann immer in der Peripherie das entgegengesetzte Bewegungsnachbild vorhanden. Nach *v. Szily* handelt es sich nur um Kontrast gegen das reguläre Nachbild in der Peripherie, welche für Bewegung empfindlicher ist. Auch *Hunter* behauptet dieses gleichgerichtete Nachbild, während es *Wohlgemuth* nie bestätigen konnte, auch nicht bei kürzester Reizzeit.

Nach *Dvořák* rufen Bewegungseindrücke in einem einzigen Auge das voll entwickelte Bewegungsnachbild nur in diesem Auge wach; dagegen sieht das andere Auge das entsprechende Nachbild schwächer an ruhenden Gegenständen. Nach *Hunter* wird von der Parallelenvorlage ein Bewegungsnachbild auf das andere Auge übertragen, nicht dagegen von der gedrehten Spirale (gegen *v. Szily*). — Mischungserscheinungen: Bringt man auf die beiden Augen entgegengesetzte Bewegungsbilder, indem man z. B. für ein Auge durch ein Prisma das Objekt umkehrt, welches das andere gleichzeitig aufrecht sieht, so ist die unmittelbare Wahrnehmung mit beiden Augen verworren, ein Wettstreit, für ein Auge wenigstens geschwächt. — Gleichzeitige Eindrücke beider Augen, die verschieden, aber nicht entgegengesetzt sind, führen zu Mischbildern. — Auch Scheinbewegungen bewirken richtige Bewegungsnachbilder.

Zur Erklärung der Nachbilder. Unhaltbar ist die *Purkinje*sche Erklärung aus der unbewußten Augenbewegung; in einer Spirale z. B. geht die Nachbewegung gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen vor sich. Auch kann man fixierend beobachten, wo dann das Augenzittern während der Nachbewegung fehlt. Nach *Wundts* psychologischer Erklärung bleibt von der Bewegung ein schwaches Nachbild zurück, zu schwach, um selbst gesehen zu werden, demgegenüber aber die gesehenen Objekte sich entgegengesetzt bewegen. — *Wohlgemuth* denkt an eine physiologische Erklärung: Bei einer Bewegung in einer Richtung wird eine gewisse Zelle A' eher erregt als eine andere A''; dieser Folge entspricht die gradläufige Bewegung. Im Nachbild ist die vorher erregte A' nun stärker ermüdet, weshalb die Bewegungsrichtung sich umkehrt. Sehr befriedigend sieht diese Benutzung des kleinen Ermüdungsunterschiedes nicht aus. — *Hunter* vereinigt verschiedene Kriterien: 1) Die Nachbilder auf der Netzhaut im Sinne *Wundts*. Dafür spricht, daß die Gegenbewegung bloß eine Fläche bedeckt, die dem vorigen Erregungsfeld entspricht, nicht mehr. 2) Die Assoziation, da es bisweilen gelang, die Nachbewegung zu beherrschen, wenigstens für einen Teil der Fläche. Wurde bei der Beobachtung der obere Rand fixiert und dann für die Nachbewegung die Mitte der Fläche, so daß ein Teil der Fläche auf ungereizte Netzhaut kam, so erschien auf letzterer häufig entgegengesetzte Bewegung zur Flächenhälfte mit Nachbewegung. Da war die Bewegung auf beide Teile verteilt worden. 3) Wirksam ist ebenfalls die Augenmuskelspannung. Bei der Spirale ist sie freilich unwirksam. Beim Betrachten bewegter Parallelen dagegen wirkt die Hemmungsanstrengung gegen das Folgen mit dem Blick geradeso, wie es einer Gegenbewegung entsprechen würde. Hierdurch erklärt sich die Übertragung der Nachbewegung auf das ungereizte Auge bei gesehenen Parallelen. Durch Anstrengung der Augenmuskeln kann man die ruhende Trommel bewegt erscheinen lassen. Es wurde ein Punkt fixiert, indem gleichzeitig durch schiefe Haltung des Kopfes bestimmte Muskeln stark ermüdet wurden; dann schienen nach einigen Sekunden die Linien in der Richtung der Augenspannung zu fließen.

§ 7. Die Bewegungstäuschungen und die Theorie der Bewegung.

1. Die Eigenbewegungen bei Linien und Punkten.

Literatur. *Schilder*, Über autokinetische Empfindungen, in ArGsPs 25 (1912) 36 ff.

Nach *Purkinje* entsteht beim angestrengten Anschauen von parallelen Linien Flimmern, wellenförmige Bewegungen usw. *Aubert:* Entfernte Masten, Turmspitzen, die man länger fixiert, scheinen sich zu bewegen. Nach *Helmholtz* erscheinen enge, weiße Streifen wellenförmig oder perlschnurartig. Nach *Hensen* bekommt eine Linie nach längerer Fixation eine schlangenförmige Gestalt; besonders sind an den Enden die Windungen stärker.

Schilder: Fixiert man eine dünne Linie länger in der Mitte, so scheint sie zu zittern, Wellen laufen in ihr ab; nach einer Schätzung war bei einem Abstand von 40 *cm* die Amplitude bloß $^1/_2$ *mm*, die Wellenlänge 1—2 *mm*. Fixiert man das Ende der Linie, so beginnt dieses bald pendelartig zu schwingen, die Länge sich zu ändern, wie bei einer Schlange, die den Boden absucht. Die Amplitude war da bis $1^1/_2$ *mm*. Alle Bedingungen, die das Erlebnis verstärken, beschleunigen auch sein Erscheinen. Die Erscheinung tritt langsamer bei dicken Linien auf; da zeigen sich die raschen Wellen an ihren Begrenzungslinien, und zwar bei beiden unabhängig voneinander, während die Linie als Ganzes sich träger bewegt. Ebenso ist der Eindruck stärker bei kleinen Linien. Ein Punkt bewegt sich sofort, zittert, ändert seine Form, seinen Ort. Die Erscheinungen sind lebhafter bei ermüdeter Netzhaut, wenn man durch eine verdunkelte Brille betrachtet oder die Linien mit Florpapier bedeckt. Man erhält dann sehr rasche Formveränderungen, vergleichbar einem raschen Wetterleuchten. Die Erscheinung ist nicht von dem einen Auge auf das andere übertragbar; sie kann auch im Nachbild entstehen, ohne vorher im Bild gewesen zu sein. Bei längerem Fixieren verschwinden zeitweise Stücke der Linien oder Punkte. Ein System paralleler Linien zeigt bald ein unbestimmtes Wogen, senkrecht zur Richtung der Linien, später Formänderungen der Linien und Wellen. Das Wellenphänomen zeigen auch nachts Laternenpfähle schon nach kurzer Fixation; ebenso ein weißer Feldweg in der Dämmerung. Diese Bewegung verstärkt im Dunkeln das Gefühl der Unsicherheit und hält die Aufmerksamkeit in steter Spannung.

Verwandt scheint das von *Rollett* (ZPs II 46 [1912]) beschriebene Streifenphänomen: Ein Streifenmuster mit je 4 *mm* breiten Streifen, in 45° Neigung aufgehängt, aus 2 *m* betrachtet, zeigt nach $^1/_4$—$^3/_4$′ Flimmern; die Streifen zeigen Kanten, wellige Krümmungen, unregelmäßige Flecke, die mit dem Blick wandern. Zugleich tritt ein Schneefall ein; helle und dunkle Punkte eilen mit großer Schnelligkeit senkrecht zu den Streifen über die Fläche. Blickt man unmittelbar nachher über eine weiße Fläche, so sieht man deren Nachbild in hellen Punkten.

Zur Erklärung: Die Erscheinung kann nicht an den Innenmuskeln des Auges liegen, da sie durch Atropin nicht gehemmt wird; ebensowenig an unregelmäßigen Augenbewegungen, da sie auch im Nachbild entstehen kann; sie fällt nicht mit dem Bewegungsnachbild zusammen, das schnell abklingt, während die Geschwindigkeit des Wellenphänomens zunimmt. Nach *Rollett* besteht ein Potentialgefälle zwischen erregtem und nicht erregtem Teil, das sich nachher und vermutlich auch währenddessen ausgleicht und als inadäquater Reiz zur Wahrnehmung führt.

2. Die stroboskopischen Scheinbewegungen.

Literatur. *Marbe*, Die stroboskopischen Erscheinungen, in PhSd 14 (1898) 376 ff. — *Dürr*, Über die stroboskopischen Erscheinungen, in PhSd 15 (1900) 501 ff. — *Linke*, Die stroboskopischen Täuschungen und das Problem des Sehens von Bewegungen, in PsSd 3 (1908) 393 ff. — *Marbe*, Theorie der kinematographischen Projektionen, 1910. — *H. Leh-*

mann, Die Kinematographie, 1911. — *Benussi*, Stroboskopische Scheinbewegungen usw., in ArGsPs 24 (1912) 31 ff.

Unter Umständen wird Bewegung auf ein gar nicht vorhandenes Subjekt bezogen. So im Stroboskop (Kinematograph): dem Auge werden nacheinander getrennte Bilder aus einer Bewegungsreihe geboten; statt ihrer erscheint das Bild eines scheinbar stetig bewegten einheitlichen Objektes. Dreht man eine Schraube. so scheinen sich ihre Gänge der Achse entlang voran zu bewegen. Dreht man langsam eine Spirale. so scheinen die Kreispunkte sich radial zum Zentrum hin oder weg zu bewegen; auf der Eisenbahnfahrt scheinen die Telegraphendrähte auf und ab zu schwingen. Bekannteste Beispiele sind die Wasserwellen, die Wellen im Ährenfeld. über das der Wind dahinstreicht. — Im Stroboskop muß die Schnelligkeit der Bewegung zwischen bestimmten Grenzen bleiben: bei zu langsamer Drehung hat man getrennte Bilder. bei zu schneller sind die verschiedenen Phasen zu einem ruhigen Gesamtbild vereinigt. Am besten sind die einzelnen Phasen selbst unbewegt, oder, wenn bewegt. möglichst kurz geboten. Im Kino müßte die Verschmelzungsfrequenz für den Ausschluß jeden Flimmerns zwischen 38—54 liegen; durch andere Hilfsmittel richtet man es ein, daß 15—25 genügen.

Über die Erklärung dieser Scheinbewegungen entspann sich ein Streit zwischen *Marbe-Dürr* einerseits und *Wirth-Linke* anderseits (vgl. ZPs 46. 47. 65 usw.). der, wie später anerkannt wurde. sich teilweise dadurch erledigt. daß verschiedene Fragen in den Vordergrund treten können. *Marbe-Dürr* gehen von den gewöhnlichen Erscheinungen des Stroboskops aus und fragen: Warum erscheinen da die Phasen stetig. und warum bleibt ein Ausfall vieler Phasen. der die Raumschwelle weit übersteigt, oft völlig unbemerkt? Für das erstere verweisen sie auf das *Talbot*sche Gesetz: wegen der Verschmelzung verschwindet die Unterbrechung. wie das die Drehkreisel zeigen; der unbemerkte Phasenausfall liegt nach *Marbe* an Aufmerksamkeitsbedingungen; nach *Dürr* dagegen folgt das Auge der Bewegung und verdeckt durch das Nachbild der ersten Phase die Lücke bis zur folgenden. Letzteres würde natürlich nicht genügen. wenn auf demselben Bild verschieden gerichtete Bewegungen zugleich vorkommen.

Wirth-Linke dagegen betonen Bedingungen, die weit außerhalb der Wirksamkeit der Netzhautprozesse liegen. Wenn man ein Rad mit vier Speichen nacheinander um je 45° gedreht bietet. treten nach Umständen Bewegungen im einen oder andern Sinne ein. oft ganz nach Willkür. Scheinbewegung ist möglich. selbst bei Intervallen von etwa 0.8″; unter Umständen kann die Unterbrechung deutlich bemerkt werden wie ein schwarzer Schatten, der über das Objekt gleitet. und trotzdem kann der Eindruck der Bewegung eines einheitlichen Objektes unmittelbar sein. Natürlich handelt es sich da nicht um Verschmelzung im Sinne des *Talbot*schen Gesetzes, wie *Marbe* anerkennt. Als eigentlichen Grund der Scheinbewegung in solchen Fällen betrachtet *Linke* die Identifikation: die zwei Phasen werden unmittelbar auf denselben Gegenstand bezogen: dann wird die verbindende Bewegung in die Phasen hineingesehen. — *Dürr* wendet ein: Die Gleichartigkeit der Inhalte besteht oft gar nicht: so verändern die fallenden Leuchtkugeln der Rakete Farbe und Form und machen doch den Eindruck einer allmählichen Bewegung. Da genügt die Kontinuität ohne Gleichartigkeit. *Benussi* urteilt: Man setzt nicht positiv einen Gegenstand der einen Phase mit dem der nächsten gleich. sondern man kommt nur nicht dazu. die einzelnen als klar zerlegt aufzufassen. Die Auffassung einer einheitlich erscheinenden Lagenveränderung ist die Bewegungsauffassung. — *Pauli* faßt zusammen: Werden die Bildpunkte ruhend gesehen, so liegt Verschmelzung im Sinne des *Talbot*schen Gesetzes vor, und ist bloß das Flimmern zu vermeiden. Bei der Bewegungstäuschung dagegen muß die Theorie psychologisch sein. Es handelt sich um eine Art Gestaltwahrnehmung. Wir kommen auf die Frage sofort zurück.

3. Die Scheinbewegungen bei diskreten Endreizen.

Literatur. *Lasersohn,* Kritik der hauptsächlichsten Theorien über den unmittelbaren Bewegungseindruck, in ZPs 61 (1912) 81 ff. — *Wertheimer,* Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung, in ZPs 61 (1912) 161 ff. — *Koffka-Kenkel,* Beiträge zur Psychologie der Gestalt- und Bewegungserlebnisse, in ZPs 67 (1913) 353 ff. — *Benussi,* Kinematohaptische-Scheinbewegungen und Auffassungsumformung, in 6 CgEPs (1914) 31 ff. — *Korte,* Kinematoskopische Untersuchungen, in ZPs 72 (1915) 193 ff. — *Jul. Pikler,* Sinnesphysiologische Untersuchungen, 1917. — *Benussi,* Versuche zur Analyse taktil erregter Scheinbewegungen, in ArGsPs 36 (1917) 59 ff.; ders., Über Scheinbewegungskombinationen, in ArGsPs 37 (1918) 233 ff. — *Linke,* Grundfragen der Wahrnehmungslehre, 1918. — *Joh. Wittmann,* Über das Sehen von Scheinbewegungen und Scheinkörpern, 1921.

a) Stroboskopische Bewegungen zwischen einfachen Grenzreizen. Schon *Bourdon* bemerkte (1902), daß elektrische Funken, die sich schnell folgen, durch eine Bewegung verbunden erscheinen, selbst bei einer Entfernung von mehreren *cm*, aus 1 *m* betrachtet. Bei zu schneller Folge, etwa 30 σ, erscheint Ruhe, bei längerer Zeit kann lange Bewegung bestehen bleiben, selbst wenn das Nachbild verschwunden ist, noch sehr klar bei $^1/_2$″ und mehr. Allerdings wird der Bewegungseindruck schärfer, wenn immer ein Bild da ist. *Schumann* erwähnt die Drehung, wenn man schnell nacheinander (0.1″ Zwischenzeit) einen vertikalen und horizontalen Strich biete. Eingehender *Wertheimer:* Bei langsamer Folge ist die ruhige Aufeinanderfolge beider Striche sichtbar, bei sehr schneller Folge werden beide gleichzeitig gesehen, bei einer mittleren Geschwindigkeit endlich sieht man deutlich ein Hinübergehen des Striches aus der ersten Lage in die zweite. Wurden Fälle von wirklicher allmählicher Bewegung mit dieser Bewegungstäuschung verglichen, so waren beide Arten nicht voneinander zu unterscheiden. Die Zwischenzeit für besten Bewegungseindruck war ungefähr 60 σ; bei 30 σ bestand der Eindruck der ruhigen Gleichzeitigkeit, bei 200 σ ruhige Folge. Die Scheinbewegung liegt nicht an einer Augenbewegung, da man gleichzeitig mehrere entgegengesetzte Scheinbewegungen hervorrufen kann. Identitätseindruck und Bewegungserscheinung ist nicht notwendig aneinander gebunden, wie die Teilbewegung beweist. Die stroboskopische Bewegung wurde verschieden benannt: *s*-Bewegung von *Benussi,* β-Bewegung von *Koffka; Linke* empfiehlt als sachliche Benennung Dingbewegung; denn die Dinge sind vorhanden, nur die Bewegung ist Schein. Es erscheinen beide Linien ruhig, bei längerer Zwischenpause machen eine oder beide Teilbewegungen, die immer größer werden; schließlich fassen sie sich, und nun ist eines da, das den ganzen Weg zurücklegt. Bisweilen wird von der Anfangslage *a* nichts gemerkt, bloß die eine Linie *b* gesehen, trotzdem aber die klare Bewegung wahrgenommen. Die zweite Linie vollführt etwa eine Teilbewegung zu ihrer Endlage hin. Durch Einstellungswirkung ließ sich dann sogar bei weiteren Versuchen die Bewegung von *b* noch wahrnehmen, wenn die Linie *a* wirklich weggenommen war, was erst nach ein paar solchen Versuchen aufhörte. Der Bewegungseindruck von *a* nach *b* kann auch eintreten, wenn die Linien auf die beiden Augen verteilt sind.

Benussi hat die verschiedenen Scheinbewegungen vervollständigt. Wurden für den Tastsinn (ähnlich Gesichtssinn) zwei Punktreize geboten in einer Zwischenzeit, daß eine klare anschauliche Bewegung bemerkbar war, so können verschiedene Bewegungsformen auftreten: 1. duale Teilbewegungen; 2. Ganzbewegung, abwechselnd hin und her; 3. Kreisbewegung; 4. dauernde Bewegung mit plötzlichem Umschlag der Bewegungsrichtung; 5. Sich-Nachlaufen zweier Punkte im Kreis; 6. Sich-Nachlaufen immer neuer Punkte im Halbkreis; 7. ruhiges Aufleuchten der Punkte als getrennte Aufhellungsfolge. Bei immer abnehmender Zwischenzeit von 2″ abwärts beschreibt *Benussi* folgende Reihenfolge: 1. etwas berührt *a*, ein anderes *b*; 2. das eine verläßt *a* in der Richtung auf *b*, das in *b* hat eine Richtungsfärbung von *a* her; 3. das *a*

berührende kommt selbst nach *b*, geht aber nicht zurück; 4. eine hin und her gehende Bewegung durch die Luft, wobei der Abstand kleiner wird; sie wird als Schleife oder Kreis beschrieben; 5. der Kreis wird kleiner, die Stellen *a* und *b* liegen einander scheinbar näher; das Etwas streift über die Hand; 6. etwas neigt sich abwechselnd in einer Ankerbewegung nach *a* und *b* nieder; der Abstand ist dann etwa $^1/_6$ des früheren oder weniger; 7. die Bewegung hört auf; das Etwas klopft rasch auf eine etwas ausgebreitete Hautstelle, etwa in der Mitte von *a* und *b*; war der Abstand mehr als 14 cm, so sind zwei Etwas da, die beständig oder in rascher Folge *a* und *b* berühren; 8. etwas verläßt in *a* die Haut, geht an ihr entlang oder durch die Luft nach *b* und von *b* nach *a* in langsamer Kreisbewegung, bisweilen langsamer wie in 4. — *Whitchurch* (AmJPs 32 [1921]) bestätigt diese Bewegungsarten; ebenso das Kleinerwerden der Abstände mit kürzerer Zeit.

In Versuchen von *Wittmann* kehrt eine ähnliche Folge wieder. Wenn er drei Punkte (1· ·3 über ·2) mit derselben um einen vierten Punkt vermehrten Gruppe (4 über 1· ·3 über 2) wechseln läßt bei 1,5″ Zwischenzeit, bestand noch kein Zusammenhang; bei 1,2″ gehören die Sehfelder zusammen, Punkt 4 erscheint als Ergänzung der Figur. Bei 0,4″ verschwindet das Bewußtsein der dunklen Pause, es wird anschaulich die Übergangsbewegung gesehen. Die Punkte 1, 2, 3 gehen nach Punkt 4 ohne Identifikation, aber nicht zurück. Bisweilen bewegt sich auch umgekehrt 4 nach 1, 2, 3 gleichzeitig, manchmal verbinden sich beide Bewegungen. Werden nur 2 und 4 beachtet, so tritt bald zwischen ihnen die Bewegung ein, während 1 und 3 ruhig dastehen oder kurze Teilbewegungen ausführen. In diesem Falle werden 2 und 4 identifiziert. Bei kürzerer Zeit erfolgt die Drehbewegung zwischen 2 und 4 mit 1 und 3 als Achse, oder eine Bewegung zwischen 1, 2, 3 einerseits und 4 anderseits; die Figuren fallen nun weg. Bei noch kürzerer Zeit gehen allmählich die Bewegungen in kurze Teilbewegungen über, die bei 0,12″ auch wegfallen (die Zeitverschiedenheit gegenüber *Wertheimer* liegt offenbar an der komplizierten Figur).

b) Gesetzmäßigkeiten dieser Scheinbewegungen. *Korte* findet für den besten Bewegungseindruck folgende Abhängigkeiten: Je größer der räumliche Abstand der Striche, desto größer muß ihre absolute Stärke (oder Eindringlichkeit) sein. Verkleinerung der Zwischenzeit verlangt eine größere Lichtstärke oder eine Verkleinerung des räumlichen Abstandes. Reizdauer und Pause müssen einander reziprok sein, wobei es genügt, wenn eine Reizdauer die richtige Länge hat, gleichgültig welche.

Genauer *Benussi:* Die Scheinbewegungsgröße hängt vom raumzeitlichen Abstand der Reize ab. Auch bei größter Entfernung der Arme wird abwechselnde Reizung zweier Finger noch zur Bewegung verbunden. Die Zeiten für die Hauptformen der Bewegung sind vom räumlichen Abstand unabhängig, mit der Dauer der Bewegung nimmt ihre Größe bis zu Null ab. Bei größeren Längen (über 14 *cm*) geht die subjektive Verkleinerung nicht so tief, aber doch auf 2 *cm*. Es tritt also eine Art Verschmelzung zwischen Raum und Zeit ein, wie auch schon *Gelb* fand.

Die Scheinbewegungszeit ist besonders bei Tastreizen von der wirklichen stark verschieden. Bei 100 σ Eindruck und 100 σ Zwischenzeit hat man keine Bewegung, sondern zitternde Berührung, bei 900 σ Eindruck und 100 σ Zwischenzeit dagegen eine ruhige Bewegung, auf die etwa 600—800 σ kommen; genau ebenso bei 100 σ Eindruck und 900 σ Zwischenzeit. Die Grenzeindrücke werden einfach anders zusammengeordnet. Optisch gilt diese Gleichheit bei Umkehrung von Eindruck und Zwischenzeit nicht.

Die Scheinbewegungsgeschwindigkeit hängt von der Dauer ab, nicht vom Abstand. Anschaulich erscheinen also die Wege verschieden groß und doch

die Zeiten und Geschwindigkeiten gleich, selbst bei sechsmal so großer Strecke. Es besteht eine Wechselwirkung zwischen Größe und Dauer, wenn alles zu einer Bewegungsgestalt vereinigt ist. Bei Zunahme der Schnelligkeit wird der Abstand scheinbar kleiner. Wenn die Zwischenzeiten 400 und 1200 σ beständig abwechseln, aber die ursprüngliche Hin- und Herbewegung zu einer einheitlichen Kreisbewegung geworden ist, scheinen alle Zeiten gleich zu sein. — Der scheinbare Widerspruch wird so zu lösen sein, daß hier Geschwindigkeit nicht von der Bewegung, sondern einzig von der Folge der Reize verstanden wird.

Cermak und *Koffka* (PsFo 1 [1921]) untersuchen eine natürliche Bewegung, aus der einzelne Phasen herausgeschnitten sind. Bei bester optischer Bewegung sieht man den Strich ruhig durchs Gesichtsfeld ziehen, bei größerer Geschwindigkeit wird der Strich vervielfältigt: das Simultanstadium. Bei zu langsamer Geschwindigkeit tritt das Sukzessivstadium ein, der Strich erscheint nacheinander an verschiedenen Orten. Es lassen sich nun Parallelgesetze ableiten, die gleichmäßig für das Simultanstadium der Bewegung und die Verschmelzung auf dem Farbenkreisel gelten, nämlich: 1. Je größer die Lichtintensität, desto kleiner muß die Zeit (Beleuchtung + Verdunklung) sein, damit das Simultanstadium eintritt; ebenso aber auch die Periodendauer bei Drehkreiseln, damit Verschmelzung eintritt. Beide Male scheint eine logarithmische Abhängigkeit zu bestehen; 2. Verringerung der Gesamtzeit begünstigt das Simultanstadium (die Verschmelzung); 3. Veränderung der Verdunklungszeit hat größeren Einfluß als Veränderung der Belichtung; 4. je größer die Reizdauer, desto größer muß die Pause sein, damit Simultaneindruck (Verschmelzung) auftritt, und je größer die Pause, desto kleiner die Reizdauer; 5. Verkleinerung des Objektes begünstigt das Simultanstadium (Verschmelzung); 6. zentrale Beobachtung begünstigt im Verhältnis zur peripheren das Simultanstadium wie die Verschmelzung; 7. fortschreitende Dunkeladaptation begünstigt beide, abgesehen von sehr schwachen Intensitäten, wo das Gesetz von einem andern gekreuzt wird; 8. bis zu einer gewissen Grenze schädigt Verlängerung des zweiten Lichtreizes das Simultanstadium (Verschmelzung).

c) Die Scheinbewegungen bei komplizierten Grenzreizen. Nach *Linke* gilt die allgemeine Regel: Wenn mehrere Figuren, die nicht zu unähnlich sind und einzeln ruhend erscheinen, sehr rasch nacheinander dargeboten werden, so sieht man eine Bewegung, deren einzelne Phasen die Figuren in ihrer Reihenfolge bilden. Bei gegeneinander geneigten Graden tritt eine Drehung ein, ist dagegen der Winkel sehr stumpf, dann eine gleitende Bewegung. Die Bewegung erfolgt im ganzen auf kürzestem Wege. Die trennende Pause kann bis $1/3''$ und mehr betragen; der Bewegungsruck ist anschaulich. Trotzdem sieht man keine Spur von Bewegungsphasen; liegt eine dünne Linie auf dem Wege, so sieht man kein Darüberhuschen. Wie drei getrennte Punkte assimilativ zum Dreieck umgeformt werden, obwohl die Seiten nicht zu sehen sind, so wird der gesehene Ortswechsel zur Bewegung umgeformt. Den Grund der Assimilation sehen einige in bisherigen Erfahrungen; nach *Linke* liegen vielleicht auch angeborene Dispositionen vor.

Pikler bietet eine Übersicht über die große Mannigfaltigkeit der möglichen Bewegungen, die für eine Erklärung zu berücksichtigen sind. Erscheint im Sehfeld sprungweise ein Punkt von oben, der eine Zeit lang in der Mitte ruht, dann in einem Sprung nach unten weiter geht, so sieht man ihn von oben kommen und nach unten fallen. Kommt direkt nach ihm ein zweiter in gleicher Bewegung, so scheint der erste nur ganz wenig zu fallen und dann zur Mitte zurückzuspringen (was ähnlich schon *Bourdon* angibt). Das Zurückspringen kann offenbar erst nach dem zweiten Reiz gebildet sein, weist also auf eine nachträgliche Verarbeitung hin. Wird erst eine Vertikale geboten, dann dieselbe mit einem seitlichen Ansatz, so erscheint erst wieder die Vertikale, aus der dann erst der Ansatz herausschießt; die Wiederkehr kommt nicht

allein aus dem zweiten Reize. War das erste Bild etwas verschieden, etwa eine geschlängelte Linie statt der Graden im zweiten Bilde, so wird erst die geschlängelte im zweiten Bilde gesehen, aus der dann das andere sich bildet. Das ist physikalisch nicht erklärbar. Immer werden ergänzende Empfindungsinhalte erzeugt, indem der zweite Inhalt auf kürzestem Wege aus dem ersten hervorgeht. Dafür ist ein einziger Prozeß nötig, der nach dem zweiten Reize einsetzt und den ersten passend mit dem zweiten verbindet. Er paßt zielstrebig Verschiedenes auf verschiedene entsprechende Weise demselben Ergebnis an. — Größenänderungen: Eine Horizontale dehnt sich im zweiten Bilde zu einer größeren; ein Bogen geht in eine Gerade über. Bei zwei verschiedenen Zeigerstellungen nacheinander wird eine Drehung gesehen. — Ein roter Kreis verwandelt sich in einen grünen: da erscheint erst wieder der rote Kreis, schießt auf den Platz des zweiten Kreises und nimmt auf dem Wege, beginnend von außen, die grüne Farbe an. Die Geschwindigkeit paßt sich der Aufgabe an, was physikalisch unverständlich ist. Bei verschiedenen Zeigerstellungen wird die Zeit der Drehung immer gleich genommen, weshalb die Geschwindigkeit sehr verschieden ist. Wenn nacheinander ein Quadrat einen gleichen Ansatz oben und auf der Seite hat, so gleitet der Ansatz am ruhenden Quadrat vorüber, oder es dreht sich dieses. Befindet sich abwechselnd in der ersten, dritten, fünften Phase usw. immer ein Punkt an derselben Stelle, während ein anderer sich beständig in der zweiten, vierten, sechsten Phase usw. verschiebt, so springt bei schneller Folge nicht derselbe Punkt hin und her, sondern die Erscheinung zerlegt sich in einen ruhenden und einen bewegten Punkt daneben; es wird die Aufgabe in neuer Weise erledigt. Willkürlich kann man aber auch das Hin- und Herspringen sehen. Hat dieselbe Vertikale abwechselnd links und rechts denselben Ansatz, so tritt eine Drehung durch den Raum ein. Nach vielen Versuchen damit tritt dann auch bei einfachen nebeneinander liegenden Horizontalen dieselbe Drehung ein statt der früheren Verschiebung in der Fläche. Hat man Doppelbilder und verdeckt ein Auge, so verschwindet das entsprechende Halbbild nicht an dem Orte, wo es steht, sondern es macht eine Bewegung zum andern hin und verschwindet, indem es in dieses eingeht. Ebenso sondert es sich beim Öffnen des Auges vom andern Halbbild ab und springt von dort zu seinem Orte.

d) Andere Arten von Scheinbewegungen: Die Ungleichheit der Endglieder, aus der die Scheinbewegung fließt, kann auch selbst eine scheinbare sein, wenn etwa in der *Müller-Lyer*schen Figur mit gleichgelagerter Hauptlinie nacheinander die verschieden gerichteten Ansätze geboten werden. *Benussi* spricht da von S-Bewegung, *Koffka* von α-Bewegung, *Linke* sachlich klarer von einer Scheindingbewegung (da hier weder die Bewegung noch ihre räumliche Grundlage objektiv vorliegt). Auch hier kommen Teilbewegungen vor, wie überhaupt diese Bewegung der früheren Dingbewegung an sinnlicher Deutlichkeit gleich ist. Für eine Erklärung, die von den Empfindungen, nicht von den Reizen ausgeht, ist es dasselbe, ob die Grundlage der Scheinbewegung auf objektiver oder subjektiver Verschiedenheit der Grenzglieder beruht.

Benussi: Bietet man in der Mitte einer Strecke seitlich gleich geneigte Ansätze, die immer länger werden, so scheint bei schneller Folge und Beachtung der sich folgenden Phasen einfach der Ansatz durch Scheinbewegung länger zu werden. Beachtet man aber die ganze sich verwandelnde Gestalt, so hat man daneben noch die Lagenverschiebung des Scheitelpunktes. Er sieht darin die *Müller-Lyer*sche Täuschung. *Wittmann* vermißt in der Erklärung die Berücksichtigung der veränderten Beziehung zum Sehfeld. Denn die Täuschung bleibt auch, wenn die Strecke fehlt und nur aus einem Punkte die Ansätze herauswachsen. Es wurde so eine erhebliche Scheitelbewegung (2—3 *cm*) beobachtet, doch nur, wenn der Winkel einheitlich gefaßt wurde, als Begrenzung eines dreieckigen Stückes. Faßt man dagegen den Scheitelpunkt nur als Anfang der Bewegung des Schenkels auf, wofür man einen Schenkel allein be-

achten muß, so fehlt die Bewegung des Scheitelpunktes. Dazu tritt noch eine Klappbewegung der Schenkel. Auch bei der *Müller-Lyer*schen Täuschung sind nach *Wittmann* die Träger der Täuschung vielmehr die Räume; sie wird am größten, wenn man die Linie wegläßt.

Benussi (ArGsPs 37) untersucht die verschiedenen Mit- und Gegenbewegungen, die bei verschiedener Beachtung entstehen, je nachdem man einen Punkt isoliert oder mit der Umgebung vereinigt. Wird ein Punkt gleichzeitig der Wirkung zweier stroboskopischer Bewegungen ausgesetzt, die ihn einzeln vertikal oder horizontal bewegen würden, so kann bei geeigneter Einstellung eine Diagonalbewegung eintreten. Durch Vereinigung der Schenkelbewegungen kann man so mannigfach verschlungene Scheinbewegungen erzielen wie eine Kreisbewegung, aber doch nicht unbegrenzt; eine Achterfigur ließ sich kaum erzielen, was darauf hinweist, daß die Ursache nicht in physikalischen Prozessen zu suchen ist, sondern in psychischen, die nicht beliebig viele Bedingungen zugleich berücksichtigen.

Wird dasselbe Objekt öfter hintereinander mit immer gesteigerter Geschwindigkeit geboten, so wird es allmählich unruhig, zeigt ein Zucken und Strecken. *Kenkel* nennt dieses die γ-Bewegung, *Wertheimer* klarer die innere Bewegung; sie ist in der Tat eine unruhige, plötzliche Innenbewegung. Ihr Auftreten ist die Ursache, daß bei der Scheindingbewegung die Ausdehnung wesentlich deutlicher ist als die Verkürzung; denn die innere Bewegung bewirkt beim Auftreten einer Gestalt eine Ausdehnung, bei ihrem Verschwinden eine Zusammenziehung.

Die Gegenbewegungen. *Korte:* Wird die Mitte zwischen dem links gelegenen Strich *a* und dem rechts gelegenen *b* fixiert, die Aufmerksamkeit aber auf *b* gerichtet, so tritt das zuerst gegebene *a* mit einem Ruck ins Gesichtsfeld, als käme es von rechts. War der Strich *b* doppelt so dick als *a*, so scheint sich *b* zur Mitte zu bewegen, dem *a* entgegen, dann wandern beide zu *b* hin. Diese Gegenbewegung nennt *Korte* die δ-Bewegung: der Strich wandert aus einer Lage zwischen *a* und *b* nach *a* und von dort zurück nach *b*; der Ansatz zur Erscheinung ist der bloße Ruck in die *a*-Lage; die größte Ausbildung, wenn der Strich in *b* auftaucht und erst den ganzen Weg nach *a* zurücklegt. Man spricht dann von verschieden guten Gegenbewegungen. Für die beste Gegenbewegung gilt: Die Helligkeitsdifferenz der beiden Reize muß um so größer sein, je größer die absolute Stärke der Reize ist. Mit zunehmender absoluter Stärke muß der räumliche Abstand der Reize zunehmen, die Zwischenzeit dagegen abnehmen. Je größer der räumliche Abstand, desto größer muß die Helligkeitsdifferenz sein. Mit der Größe der Pause muß der räumliche Abstand zunehmen, während die Expositionsdauer unwesentlich ist. Endlich muß die Beleuchtungsdifferenz um so kleiner sein, je kleiner die Pause ist. Die Gesetze sind dieselben wie bei den gewöhnlichen Dingbewegungen (stroboskopischen Bewegungen), aus denen die Gegenbewegung durch andere Aufmerksamkeitsrichtung hervorgeht. Die Erscheinung liegt auch in der Beobachtung *Benussis* vor: Wenn ein Punkt *A* absolut auftaucht und verschwindet und aufgetragen war, an einen Ort *B* zu denken, so scheint der Punkt von *B* nach *A* zu gehen.

4. Die Theorie der Bewegungswahrnehmung.

a) Das psychologische Wesen der Bewegungswahrnehmung. Es liegt nahe, die Bewegungswahrnehmung einfach nach dem physikalischen Vorgang aufzubauen; man sehe ein Objekt der Reihe nach Anfangs-, Zwischen- und Endlage einnehmen in stetigem zeitlichen und räumlichen Übergang. Bei den stroboskopischen Scheinbewegungen, wo bloß die Grenzlagen wirklich vorhanden sind, nimmt man eine Ergänzung der Zwischenlagen in der Vorstellung an, nach Art der Illusion. Dem-

gegenüber gibt es aber Fälle, wo nicht bloß objektiv, sondern sogar in der Bewegungswahrnehmung, wie behauptet wird, wesentliche Glieder der Bewegung fehlen, die Zwischenlagen, das Objekt, ja selbst die Ortsveränderung, und doch klare Bewegung erlebt werde.

1) Bewegung ohne Objekt oder Zwischenlagen. *Exner* weist auf den Fall hin, daß Bewegung im indirekten Sehen erkannt wird, ohne daß die Endlagen unterschieden werden können, selbst wenn sie zugleich geboten sind. Er verlangt deshalb eine spezifische Bewegungsempfindung. Andere antworten, da werde wohl ein Objekt gesehen, aber ohne klare Begrenzung und Farbe. Nach *Stern* genügt schon der Intensitätswechsel an einer Hautstelle, um als Bewegung gedeutet zu werden, ohne etwas von deren Richtung auszusagen. Er nimmt dafür selbst eine spezifische Empfindung an, aber nicht eine Bewegungsempfindung, sondern einen qualitativen Übergang (also Veränderungsempfindung), der nur Zeichen der Bewegung sei. — Bei der Scheinbewegung aus den beiden getrennten Strichen findet *Wertheimer,* es sei ein Hinübergehen da, ohne Zwischenlagen; an einem in der Mitte liegenden Stück huscht nichts Weißes vorbei, sondern es sieht aus, als ob die Bewegung unter ihm herginge, wie durch einen Tunnel. Der Grund des Feldes bleibt völlig klar und ruhig. Ähnlich *Grünbaum.*

Das Rätsel klärt sich auf, wenn man bedenkt, daß jede gewöhnliche Bewegung bei größerer Schnelligkeit ähnliche Eigenschaften zeigt. *Lasersohn:* Bewegt man rasch die Hand, so geben nur Anfangs- und Endlage ein klares Wahrnehmungsbild, nicht die Zwischenlagen. Es huscht etwas hinüber. Man hat also dann allerdings nicht etwa eine schnelle Folge von klaren Zwischenlagen, wie die alte Theorie annahm. Das erlaubt schon die Langsamkeit der Sehprozesse nicht. Bewegt man schnell einen roten Bleistift über das weiße Papier, so hat man in einer mittleren Lage nicht eine klare rote Linie, sondern einen verschwommenen Sehreiz, von dem die Qualität, oft selbst die Richtung nicht angegeben werden kann, der an der Flächenfarbe nichts merklich ändert; in diesem Sinne geht es wie durch einen Tunnel.

Benussi will das Rätsel durch unanschauliche Bewegungselemente lösen. Läßt man an einen Punkt denken, während man einen andern kurz erscheinen und wieder verschwinden läßt, so ist die gedanklich beachtete Raumstelle der Ausgangspunkt der Bewegungswahrnehmung. Wenn gesagt wird: Etwas bewegt sich durch die Luft, dessen Berührung an der Haut vorher und nachher bemerkt wird, so fehlt nicht das Objekt im Bewußtsein, sondern nur die sinnliche Objektanschauung; das unanschauliche Bewegungsobjekt fehlt nie. Ähnlich bei gesehener Bewegung. — Indessen scheint es nicht nötig zu sein, sich auf dieses reine Wissen zurückzuziehen. Es kann vielmehr die Bewegung anschaulich erlebt werden, wenn auch mit sehr verschwommenen Qualitäten. *G. E. Müller* weist darauf hin, daß bisweilen Objekte an bestimmten Orten lokalisiert werden, aber nichts Visuelles vorgestellt erscheine; nur gut Visuelle erkennen eben auch undeutliche visuelle Bilder. Nach sonstigen Aussagen aber schließt er, daß es sich da doch um graue Flecke oder Punkte handelt, die sich der Aufmerksamkeit entziehen. Dasselbe gilt wohl vom gegenwärtigen Falle der Bewegung, ohne das bewegte Objekt innerlich zu erblicken.

2) *Linke* sah das Wesen der Bewegungswahrnehmung in der Identifizierung auf dasselbe Objekt. Das Wesentliche beim Kinematographen

ist, eine psychische Umwandlung von mehreren Objekten in ein einziges zu veranlassen. Wir sehen Bewegung, weil wir denselben Gegenstand annehmen, der nur bei Bewegung nacheinander an verschiedenen Orten sein könnte. Ohne diese Identität kann nicht von einer Bewegung die Rede sein. — Indessen wenn auch allgemein angenommen ist, daß bei guter Bewegungswahrnehmung die Identität vorliegt, so wird doch geleugnet, daß sie für die Bewegungswahrnehmung wesentlich sei. Das beweisen die Teilbewegungen, die gegen *Linke* allgemein bezeugt werden. Es kann der erste Strich ganz ausfallen und doch der zweite mit einem Sprung im Gesichtsfeld erscheinen. Bisweilen führen die Grenzreize nur einzelne kurze Bewegungen aus, die sich nicht vereinigen, also keine Einheit des Objektes liefern. Nach *Whitchurch* ist das bei Reizung von Druckpunkten regelmäßig der Fall, wenn die Druckpunkte einander nicht benachbart sind. *Wittmanns* Beobachter beschreiben die Teilbewegungen als Vor- oder Nachstadien einer Ganzbewegung: ein Ruck, ein Vorbeihuschen, Flattern, Hüpfen usw. *Benussi* findet ihre Bedingungen in einer subjektiven Verhaltungsweise, einem Isolieren der Reize, das freilich durch größere Zwischenzeit begünstigt wird. Wenn bei *Pikler* beim Öffnen des zweiten Auges das zweite Halbbild wiedererscheint, wobei es sich scheinbar vom ersten Halbbild aus bewegt, das doch bestehen bleibt, geht ja ein Objekt in zwei verschiedene über. In Versuchen von *Wittmann* geht ein Punkt in drei über und umgekehrt, was sicher keine Einheit des Objektes ist. — In der Tat bietet uns die gewöhnliche Erfahrung oft genug ein schlichtes Übergehen, Verwandlung von einer Gestalt in eine andere ohne Gedanken an Einheit des Objektes. Ebenso kommt umgekehrt oft genug die Erfahrung der Einheit der Gestalt bei beständig wechselndem Objekt, wie im Wasserfall, im Strudel.

3) Eine besondere Schwierigkeit ist der scheinbare Widerspruch, daß eine Bewegung bemerkt werden soll ohne Ortsveränderung. So fand *Nagel*, daß eine Lichtlinie sich scheinbar der Vertikalen beständig nähert, ohne sie je zu erreichen. Ebenso *Lasersohn*: Man halte das sich drehende Papier an, wenn eine Linie sich sehr nahe dem Rande befindet. Dann scheint sie sich (im Bewegungsnachbild) lebhaft zu bewegen, ohne doch dem Rande näher zu kommen. Er erklärt das: Das Wahrnehmungsbild des Linienteiles braucht nicht selbst zu wandern, es genügt, wenn ein „Etwas" wandert. Ähnlich *Wertheimer* und schon früher *v. Szily*. — Aber wenn sich von der Linie etwas weiterbewegt, während die Linie selbst bleibt, dann müßte wenigstens dieses „Etwas" dem Rande näher kommen! Hier liegen wohl verschiedene Fälle vor. Beim Bewegungsnachbild steht nicht fest, ob eigentlicher Bewegungseindruck mit Ortsveränderung vorliegt, wie der Streit um Intensität oder Schnelligkeit beweist. Auch könnte das Weitergehen in dem Sinne gedeutet werden, daß vorn Teile beständig verschwinden, während rückwärts neue gebildet werden. Im Falle der leuchtenden Linie ist das nicht anzunehmen. Da mag es sich verhalten, wie wenn man beim Wandern sich dem Monde zu bewegt, ohne ihm näher zu kommen, indem beide Bewegungen in gleichem Schritt gehen.

b) Die physiologische Erklärung.

Für die wahre Bewegungswahrnehmung sind verschiedene Lösungen vorgeschlagen worden. *Stern* betont besonders den Nachbildstreifen: von einem durcheilenden Objekt entsteht eine Reihe Nachbilder, in abnehmender Intensität vom Objekt aus rückwärts gerechnet. Das kann ein Merkmal für die Bewegung sein: es gibt genau ihre Richtung und auch ihre Geschwindigkeit. Indessen genügt diese Erklärung offenbar nicht bei der Scheinbewegung, welche doch nach dem Experiment genau so sicher und klar erkannt wird wie die gewöhnliche stetige Bewegung. *Wertheimer* stellt für die Scheinbewegungen die physiologische Hypothese auf, der sich *Koffka* und *W. Köhler* anschließen: Mit der Erregung einer zentralen Stelle *a* ist immer eine physiologische Wirkung in einem gewissen Umkreis gesetzt. Wird nacheinander *a* und *b* gereizt, so tritt eine Art Kurzschluß von *a* nach *b* ein; die Erregung geht hier über, je näher, desto leichter. Ist die Zwischenzeit zu groß, so wird die Umkreiswirkung von *a* erlöschen, bevor die von *b* begonnen hat: also bloßes Nacheinander. Ist die Zwischenzeit zu klein, so treten die Umkreiswirkungen zu gleichzeitig auf, um einen gerichteten Kurzschluß zu bilden: also Simultaneität. Sind die Bedingungen weniger günstig, so ist das Vorkommen der Bewegung am stärksten in der Nähe der beiden Objekte, bleibt in der Mitte unter der Schwelle: die duale Teilbewegung. Ist dauernd ein starkes Hinübergehen in einer Richtung da, so wird es nachher zum Zurückfluten kommen: das negative Bewegungsbild, usw. Das Wesentliche der Theorie ist ihr Gegensatz zur psychologischen Herleitung des Bewegungseindruckes; dieser ist ebenso gesetzmäßig und psychisch unvermittelt an die Folge der zwei optischen Reize gebunden wie eine Empfindung an den Reiz. Die Objekte sind nur Reize für das Bewegungserlebnis, nicht Inhalte, die es fundieren. *Kenkel* und *Korte* sehen in ihren Untersuchungen neue Beweise der Theorie, daß z. B. die zeitliche Priorität des Reizes durch größere Eindringlichkeit ersetzt werden kann.

Gegen die Theorie, die *Wertheimer* selbst keineswegs als die Hauptsache und die einzig mögliche Form seiner Gestalttheorie ansieht, läßt sich verschiedenes geltend machen. Man sieht nicht, warum dann nicht jede Erregung eines einzelnen Punktes eine Wellenerregung und damit eine Teilbewegung auslösen muß. — Wenn die gesehene Bewegung durch eine hinübergehende Erregung im Gehirn erklärt wird, müsste ein Fortschreiten in eigentlichem Sinne gesehen werden, mit Zwischenlagen, was er selbst bestreitet (*Linke*). *Benussi* urteilt, daß die komplizierteren, von Einstellungen abhängigen veränderlichen Scheinbewegungen sich jedenfalls nicht physiologisch erklären lassen. — Dasselbe findet *Pikler* bei seinen vielseitigen Versuchen; dabei trat regelmäßig erst auf den Komplex beider Reize hin die psychische Antwort ein, wobei zunächst die erste Empfindung nochmals wiederholt wird und daraus in einer nach den Umständen, der Erfahrung usw. verschiedenen Weise eine passende Gesamtbewegung ausgeführt wird. — *Linke* bringt als Gegengrund seine Positiv-negativ-Bewegung vor: Ein weißer Strich auf schwarzem Rechteck verwandelt sich in einen davon entfernt liegenden schwarzen Strich in weißem Rechteck. Hier hat man überhaupt keine Folge von verschiedenen Reizen; denn der weiße Strich bleibt nachher weiß, der schwarze war vorher schon schwarz. Nur für den psychischen Eindruck hat man eine Folge. — Nach *Gneiße* erklärt die physiologische Theorie am wenigsten die wirkliche langsame Bewegung, die doch psychologisch mit der Scheinbewegung ganz zusammenfällt. Denn die Querfunktion fordert zeitliche Abstände, die hier fehlen. Die Theorie hängt auch mit der Leugnung des Tastraumes zusammen. Nach *Wertheimer* ist ja nicht die Gleichzeitigkeit der Gestalt Sache eines vorstellenden Aktes, der nachträglich bewußte Empfindungen zusammenfaßte, sondern liegt an einer Vereinigung körperlicher Bedingungen. Das ist bei den langsam sich folgenden Abtastbewegungen nicht möglich, genau so wenig wie bei den Tonfolgen. — Auch *Wittmanns* Versuche sprechen gegen die Theorie. Die

Bewegungen werden nur dann gesehen, wenn beide Objekte gleichzeitig und in gewisser Einheitsbeziehung aufgefaßt werden. Der oft beobachtete Wettstreit und die Vielheit der Formen sind nur psychologisch verständlich.

c) Nach allem bleibt am aussichtsreichsten eine psychologische Theorie, die auch hier in ähnlicher Weise die Erfahrung und die psychischen Prozesse der Beachtung, Isolierung, Einstellung zu Hilfe nimmt, wie das auf vielen andern Gebieten der Wahrnehmungslehre geschieht, z. B. bei der Tiefenwahrnehmung. Die Bewegung geht von *a* nach *b*, weil eine solche Bewegung der Erfahrung entspricht, der Größe der Objekte usw. Diese Vorstellung lenkt wohl den Ablauf der physiologischen Erregungen, und wenn die Bedingungen günstig sind, kommt es zur Bewegungswahrnehmung *a*—*b*. Eine zu kleine Zwischenzeit ist in der Erfahrung nicht mit einer Bewegung verbunden gewesen, liefert deshalb den Eindruck der Gleichzeitigkeit. Es wird mit einem Wort die Wirkung der Gestaltwahrnehmungen angenommen, aber im psychologischen Sinne: die Vorstellung einer passenden und einfachen Umwandlung, wie sie durch frühere Erfahrungen, Versuche usw. nahegelegt ist. Nicht in dem Sinne, daß das bloße Wissen alles nach Belieben zu gestalten erlaube, aber mit Hilfe der nötigen Einübung, die in der Erfahrung meist schon vorliegt. — Wenn *Wertheimer* gegen die Grazer Schule einwendet, die Striche seien unmöglich die fundierenden Inhalte jeder Scheinbewegung, da sie in manchen fehlen, so verwechselt das die Reize, die allerdings nicht immer in der Bewegung vorkommen, mit denjenigen Lagenempfindungen, in denen man etwas sich bewegen sieht, die durchaus fundierende Inhalte heißen können (*Gneiße*).

Wenn *Koffka* gegen *Linke* bemerkt, daß die Einheit zweier Gegebenheiten wie beim gesprochenen Wort nicht genüge, diese bestehe auch bei zwei sich folgenden ruhenden Lagen und ihrer rhythmischen Zusammenfassung, so trifft das unsre Erklärung nicht, die eine anschauliche Einheit wie beim Tiefensehen verlangt. — *Pikler* wendet gegen die Erklärungen aus der Erfahrung ein, daß die in seinen Versuchen vorkommenden Folgen vielfach nie erlebt waren. Aber wir haben sicher sehr häufig das Ausdehnen und Schrumpfen schon bei Änderung der Entfernungen bemerkt, das Sich-drehen, Hinübergehen des Gleichartigen in andere Lagen mit einiger innerer Veränderung, Verwandlungen mannigfacher Art, so daß wir das leicht übertragen können. Gegenüber dem Zweifel, ob aus solchen reproduzierten Elementen die Wahrnehmung der lebhaften Bewegung entstehen könne, denke man an die Lebhaftigkeit der Tiefenwahrnehmung im Verant, die doch reine Vorstellungszutat ist.

§ 8. Die Veränderungswahrnehmungen.

Literatur. *W. Stern*, Psychologie der Veränderungsauffassung, [2]1906. — Die Artikel von *Stern* über Helligkeits- und Tonhöhenveränderungen in ZPs 7 11 21 22.

1. Wesen und Bestimmung der Veränderung. Eine Veränderung besitzt sukzessive Verschiedenheit, die stetig abläuft. Verschiedene Punkte aus der stetigen Reihe herausgegriffen heißen Phasen der Veränderung. Ein Stück (Stadium) der Veränderung hat eine gewisse Dauer, einen gewissen Umfang, der durch den Grad der Verschiedenheit der Grenzphasen gemessen wird. Das Verhältnis von Umfang zu Dauer ist die Geschwindigkeit der Veränderung. Oft gilt uns eine subjektiv bequeme kurze Zeit als Normalmaß. Ist die Geschwindigkeit so klein, daß wir Phasen herausgreifen können, die sich noch nicht unterscheiden lassen, so nennen wir die Veränderung allmählich. Ist sie so groß, daß ein umfangreicher Veränderungsprozeß in einen Moment zusammengedrängt erscheint, so heißt sie plötzlich. Jede Veränderung hat eine bestimmte Richtung.

Verschiedene Arten der Veränderung: quantitative (Zu- oder Abnahme einer Intensität, Qualität usw.), qualitative, lokale. Die Veränderung kann auf zwei Weisen erkannt werden: durch Vergleichung der Phasen oder auch in einem einzigen Wahrnehmungsakt. Die Phasenvergleichung dient für sehr langsame Veränderungen.

Die Übergangsempfindung. Bei einer plötzlichen Veränderung deutet etwas auf Veränderung hin, ist ein Übergangszeichen. Vielfach hat man eine spezifisch neue Übergangsempfindung angenommen. Nach *Stern* ist sie vielmehr ein Charakter einer Empfindung. Er zeigt sich in einer gewissen Verworrenheit der Intensität bzw. Qualität, während bei Andauer volle Schärfe und Bestimmtheit der Empfindung besteht. Der Übergangscharakter ist in verschiedenen Komplexen als wesentlicher Bestandteil vorhanden. So im Charakter der Neuheit. Eine neue Empfindung lenkt die Aufmerksamkeit auf sich, regt zu Bewegungen an. Man kann da an das Gefühl der Überraschung wegen mangelnder Anpassung denken. Aber das ist bei mittleren und schwachen Reizen zu gering. Der Eindruck des Flimmerns gehört ebendahin. Seine Eigenart ist unleugbar. Die kurze Dauer der einzelnen Helligkeiten drängt diese zurück und begünstigt das Auftreten von Übergangsempfindungen. Wenn schon eine einzelne Übergangsempfindung unangenehm sein kann, so gilt dies um so mehr bei langer Fortdauer. Beispiele dafür auf andern Sinnesgebieten sind das Prickeln beim Tastsinn, die Rauhigkeit beim Gehör. Die Übergangsempfindung als solche gibt noch nicht die Richtung der Veränderung. Die bekommt man erst durch Vergleich der Grenzphasen. Die Schwelle der Übergangsempfindung liegt tiefer als die für Sukzessivvergleich. So wurde bei Versuchen über Helligkeitsempfindungen die Tatsache der Veränderung festgestellt, ohne daß ein Unterschied wahrgenommen wurde, durch ein kurzdauerndes Zucken auf dem Bilde, ein Huschen darüber. Ähnliches fand *Stratton* bei Druckveränderungen.

Die Methodik der Untersuchung. Es sind mehrere Schwellen zu unterscheiden: eine obere und eine untere; ferner eine solche für die Ebenmerklichkeit der Veränderung überhaupt und eine für die Ebenmerklichkeit ihrer Richtung. *Stern* stellt aus den richtigen und falschen, deutlichen und unsichern Urteilen die verschiedenen Größen der Urteilsrichtigkeit, Urteilssicherheit, Urteilstendenz, Urteilsentschiedenheit und die Abhängigkeit dieser Werte von der betreffenden Veränderungsform fest.

2. Die Wirkungen der Veränderung. Nicht alle Veränderungen der Empfindungen werden auch als solche aufgefaßt. Es ist überraschend, wie stark die Unterscheidungsfähigkeit bei den Vorversuchen wachsen kann. Da liegt sicher nicht eine entsprechende Verfeinerung der Empfindungsabstufungen vor, sondern nur die Fähigkeit, vorhandene Empfindungsabstufungen als solche zu erkennen, wird gesteigert. — Die Veränderungen lösen besonders leicht Reaktionen aus. Am reinsten zeigt sich das bei den niedern Organismen, die unfehlbar auf gewisse Veränderungen reagieren, dagegen nicht auf dauernde Reize. Die Veränderungen sind weiter Signale, die die Aufmerksamkeit auf sich ziehen; sie lehren, daß die Außendinge beachtet werden müssen. Erst die Veränderungen erlauben, die Mehrheiten zu ordnen, Einheiten zu bilden. Konstante Empfindungen, die lange zusammen bestehen, bilden einen Zustand völliger Verschmolzenheit; so sind im Gemeingefühl die Empfindungen verschiedenster Organe zu einem unentwirrbaren Ganzen vereinigt. Ähnlich ist es mit dem Druck der Kleider, der Brille usw. Zur Trennung und

Wahrnehmung der Vielheit verhilft zunächst die Erinnerung an früher dagewesene Mehrheitsauffassung. So löst sich die Buntheit des Gesichtsfeldes zu geschlossenen Einheiten auf, weil man deren Verschiebung früher erlebt hat. Man sucht oft umsonst ein Buch, das vor einem liegt; es verbindet sich vorläufig mit dem Hintergrund zu einem ungeschiedenen Ganzen.

Die Abnahme einer Empfindung wird, wenn sie allmählich geschieht, nicht sofort schon dann bemerkt, wenn ihre Grenzphasen unterschieden werden könnten. So wurde weißes Papier zum Anschauen geboten. bis eine Verdunklung eben wahrgenommen werde. Das brauchte im Mittel 18″. Wurde damit die objektive Abnahme verglichen, bei der die Grenzphasen nebeneinander gehalten unterschieden werden konnten, so war diese schon nach 3″ erreicht.

3. Die Erregbarkeit für Unterschied und Veränderung.

Zu einem richtigen Vergleich muß man gleichzeitige Unterschiede mit momentanen Veränderungen vergleichen, aufeinanderfolgende Unterschiede mit allmählichen Veränderungen bei einer gleichen Zwischenpause. Dann zeigt sich, daß diejenigen Sinnessphären, die wesentlich für die Auffassung des Nacheinander da sind, Veränderungen leichter auffassen, diejenigen, die hauptsächlich für Gleichzeitiges da sind, für Unterschiede eine feinere Wahrnehmungsfähigkeit besitzen.

Beim Gesichtssinn liegt die Schwelle für gleichzeitige Helligkeiten ungefähr bei $^1/_{100}$. Für momentane Erhellungen fand *Stern* eine Unterscheidungsfähigkeit von $^1/_{30}$, für allmähliche Änderungen der Helligkeit (bis zu 2″ Dauer) eine von $^1/_{10}$. Anders war es beim indirekten Sehen. Innerhalb einer gewissen Intensitätsbreite wurde eine Helligkeitsveränderung peripher schneller bemerkt als zentral. Im indirekten Sehen (12° vom Zentrum) brauchte man nur zwei Drittel der Zeit wie im direkten. Ebenso werden im peripheren Sehen die flimmernden Scheiben später verschmolzen als im Zentrum. Die Peripherie ermüdet nämlich schneller, aber erholt sich auch schneller; deshalb kann sie den Reizveränderungen schneller folgen. Für alles Räumliche ist die Wahrnehmungsfähigkeit dort gering. Also das Netzhautzentrum ist mehr das Organ für die Beobachtung, besonders des Gleichzeitigen, die Peripherie das Organ des Bemerkens, die Signalstation, welche Veränderungen aufzeichnet und dann dem Zentrum übermittelt.

Der Gehörssinn. Für aufeinanderfolgende Töne ist die Unterschiedsempfindlichkeit $^1/_4$—$^1/_3$ Schwingung. für gleichzeitige Töne bei Verteilung auf beide Ohren etwa 12—20 Schwingungen. Für allmähliche Tonveränderungen ergab sich eine große Abhängigkeit vom Tempo der Veränderung: etwa zwischen 0,4—2,5 Schwingungen (*Stern*). Die Urteilssicherheit für allmähliche Tonveränderungen ist beträchtlich größer als für feste Tonunterschiede. Das war nicht zu erwarten. Man wird wohl an die Aufmerksamkeit denken müssen. welche bei den allmählichen Veränderungen beständig angespannt bleibt, bei den Pausen nicht. Zur Erklärung bemerkt *Stern:* Bei den stetigen Reizen ist es nicht so, daß die verschiedenen Stadien mit der Anfangsphase verglichen werden, sondern der ganze Verlauf zerfällt in einige Stadien; in jedem derselben wird Veränderung oder Gleichbleiben anschaulich wahrgenommen. Durch ein folgendes Stadium kann ein vorläufiges Urteil verworfen oder bestätigt werden. So beruhen die Urteile bei stetigen Reizen auf Anschauung, dagegen bei unstetigen Reizen auf einer nicht anschaulichen Vergleichung. Für größere Zeiten gilt dieses Verhältnis nicht mehr, weil da von einer Anschauung der Veränderung keine Rede mehr ist.

Die Abhängigkeit von der Zeitdistanz. Die Verschiedenheit zweier fester Reize wird am besten bemerkt, wenn sie durch eine Pause von 6″ geschieden sind, bei einer Veränderung am besten, wenn ihre Dauer 6″ beträgt. Merkwürdigerweise zeigte sich auch bei den Versuchen von *Wolfe* über Tonhöhen, von *Lewy* über

Augenmaß, von *Lehmann* über Tonstärken regelmäßig zwischen 3—6″ eine Konstanz oder ein geringes Steigen der Urteilssicherheit.

Der Hautsinn. *Merkel* findet wie *Weber* die Erregbarkeit für gleichzeitige Druckunterschiede weit kleiner als für nachfolgende. Auch die Schwellen für ruhende und bewegte Druckgrößen sind wieder nicht gleich groß. Die Fingerspitze verhält sich ungefähr wie das Netzhautzentrum: die Distanzwahrnehmung für Ruhe und Bewegung ist da etwa gleich. Die übrigen Tastflächen verhalten sich eher wie die Netzhautperipherie, wo die Wahrnehmungsfähigkeit für Bewegung feiner ist als für Abstände. Auch das läßt sich wieder durch Irradiation erklären.

4. Die Erregbarkeit für Veränderungen verschiedener Geschwindigkeit. Man möchte erwarten, daß eine langsame Veränderung schlechter bemerkt wird. Das fanden auch *Preyer, Scripture, Stratton*. Dagegen stellten *Hall* und *Motora* sowie *Stern* das Gegenteil fest. In Wirklichkeit haben wir es hier mit zwei Gesetzen zu tun, die sich kreuzen.

a) Das Hauptgesetz der Veränderungserregbarkeit ist: Die Anregung zur Reaktion ist um so größer, je größer die Geschwindigkeit der Empfindungsänderung ist. Das zeigten die Versuche *Preyers* an Tieren. Frösche wurden ganz langsam steigenden Reizstärken ausgesetzt. Bei genügender Langsamkeit reagierte dann das Tier überhaupt nicht; der thermische und chemische Reiz konnten bis zum Tode führen, der mechanische bis zur Zerquetschung des Schenkels. Irrtümlicherweise schloß *Preyer* daraus auf Empfindungslosigkeit bei konstanten Reizen. Nach *Stern* erinnert sich das Tier im Moment des stärksten Schmerzes an keine andere Zeit, wird deshalb nicht zur Reaktion veranlaßt. — Diese Bewertung des Tiergedächtnisses ist kaum richtig; vermutlich ist der wahre Grund der, daß nur eine schnellere Entstehung des Schmerzes ein Reiz für die Instinkthandlung ist.

Abweichungen vom Hauptgesetz: *Hall* und *Motora* ließen Druckänderungen in verschiedener Geschwindigkeit ansteigen; je langsamer die Veränderung, desto kleiner war die Schwelle. Dasselbe bestätigte *Stern* für Helligkeitszunahmen und Tonhöhenveränderungen. Dabei spielt sicher die Erwartung mit; das Merklichwerden wird erwartet, es entsteht eine Spannung, die wächst, je länger sie der Lösung harrt.

b) Das Gesetz der Optimalzeiten. Es gibt gewisse günstige Stadien, in denen die Wahrnehmungsfähigkeit besonders stark ist. Die seelische Aktivität ist periodisch. Ein schwacher Eindruck verschwindet und erscheint abwechselnd. Für die Urteilssicherheit fand sich die Dauer von 6″ besonders günstig. Für die Tendenz zum Urteilen tritt eine kritische Zeit nach etwa 4″ ein, die Aufmerksamkeit ist da aufs höchste gesteigert, drängt zur Entladung, wenn irgend möglich. Eine zweite kritische Zeit war nach 8″.

Die Veränderung verschiedener Intensitäten. *Hall* und *Motora*, ebenso *Stratton* für den Drucksinn fanden, daß innerhalb der Grenzen, in welchen für Druckunterschiede das *Weber*sche Gesetz gilt, es auch für Druckveränderungen gültig ist: die relative Veränderungsschwelle bleibt dort konstant. — Die Wahrnehmung der Veränderungsrichtung hat eine höhere Schwelle als die bloße Veränderung. So *Stern* und *Stratton* für Helligkeit und Druck.

Sechstes Kapitel.

Die Gedanken.

Literatur. *Marbe,* Experimentell-psychologische Untersuchungen über das Urteil, 1901. — *Binet,* L'étude expérimentale de l'intelligence, 1903. — *Messer,* Experimentell-psychologische Untersuchungen über das Denken, in ArGsPs 8 (1906) 1 ff. — *Bühler,* Tatsachen und Probleme zu einer Psychologie der Denkvorgänge, in ArGsPs 9 (1907) 297 ff.; 12 (1908) 1 ff. — *Titchener,* Lectures on the experimental psychology of the thought processes, 1909; ders., Description vs. statement of meaning, in AmJPs 23 (1912) 165 ff. — *Woodworth,* A revision of imageless thought, in PsR 22 (1915) 1 ff. — *Moore,* The temporal relations of meaning and imagery, in PsR 22 (1915) 177 ff.; ders., Image and meaning in memory perception, in PsR Monogr. 27 (1919).

§ 1. Die Streitfrage über das Wesen der Gedankenelemente.

1. Die alte logische Streitfrage, welche durch die Namen Nominalismus, Konzeptualismus, Realismus gekennzeichnet wird, ist heute auf psychologischem Gebiet wieder brennend geworden, diesmal in einer rein psychologischen Fassung. Wie ist der Gedanke, das Urteil, der Überlegungsprozeß im Bewußtsein gegeben? In der experimentellen Psychologie herrscht einstweilen noch die aus der englischen Assoziationspsychologie überkommene Ansicht vor, daß alle bewußte Erkenntnis auf sinnliche Elemente, auf Empfindung und Vorstellung zurückführbar sei: das System des Sensismus, wie es häufig genannt wird. Im Gegensatz zu *Locke* verwarf *Berkeley* ausdrücklich die allgemeinen Ideen als besondere Bewußtseinsvorgänge. Die allgemeinen Begriffe sind ihm nur Wörter, durch die man eine Anzahl ähnlicher Dinge zusammenfaßt. Vom Dreieck haben wir immer ein ganz bestimmtes Bild; aber wir können davon einen Teil ausschließlich beachten, das andere vernachlässigen. *Ziehen* erklärt die allgemeine Vorstellung Pflanze: Beim Hören des Wortes Pflanze geraten die zahllosen Vorstellungen der einzelnen Pflanzen in Miterregung, schwingen mit. Eine scheinbare Einheit wird nur durch die all diesen Einzelvorstellungen assoziierte Wortvorstellung gegeben. *Bain* erklärt das Urteil: Wenn wir etwas nicht bloß vorstellen, sondern für wahr halten, so lassen wir es in anderer Weise bei unsrem Wollen und Handeln maßgebend sein. Nach *Jam. Mill* ist das Vorstellen einer Vereinigung von zwei Merkmalen dann mit dem Glauben (= Urteil) verbunden, wenn sich im Bewußtsein zwischen den zwei Merkmalen eine untrennbare Assoziation gebildet hat. — Gemeinsam ist diesen Erklärungen die Voraussetzung, daß es im Bewußtsein nur sinnliche Elemente gebe, was nach *Wundt* ein psychologisches Postulat ist. *Titchener* betrachtet den Sensismus als Arbeitshypothese: Wir müssen versuchen, in der Erklärung mit möglichst wenig Elementen auszukommen, und er glaubt, daß als solche Empfindung und Gefühl genügen möchten.

Im Gegensatz dazu behauptete von jeher die in der Aristotelischen Schule herrschende Lehre, die in der Logik auch heute noch anerkannt ist, daß wir in Begriffen, Urteilen, Schlüssen usw. ganz eigenartige Erlebnisse haben, die sich auf Vorstellungen als ihr Material stützen mögen, aber wesentlich über diese hinausgehen, und zwar im Bewußtsein selbst. Sie behalten das Wort „intellektuelle Prozesse" diesen höheren Akten vor. Man kann das System als Intellektualismus dem Sensismus gegenüberstellen. So *Brentano:* Wir behaupten, indem der Gegenstand einer Vorstellung Gegenstand eines anerkennenden Urteils wird, tritt das Bewußtsein in eine völlig neue Art von Beziehung zum Objekt. Ebenso *Stumpf, Höfler, Witasek* und andere. Die Gründe, welche sie für diese Lehre vorbringen, sind meist negativer Natur. Sie zeigen, daß durch keine erdenkliche Verbindung von sinnlichen Elementen das Denken, das Urteil erklärbar sei. Dem pflegen die Anhänger

des Sensismus entgegenzuhalten, man dürfe nicht auf Grund von apriorischen Ableitungen über eine Tatsachenfrage entscheiden. Wenn man aber durch eingehende Selbstbeobachtung den Tatbestand erforsche, finde man regelmäßig, daß kein spezifisches Urteilserlebnis nachzuweisen sei. Im Bewußtsein bestehe das Urteil nur im gesprochenen oder vorgestellten Urteilssatz.

Solange die gegnerischen Ansichten derart auf getrenntem Felde vertreten wurden, war kein Fortschritt zu erwarten, da keine Partei den Beweismitteln der andern vertraute. Eine Verständigung oder mindestens ein fruchtreicherer Meinungsaustausch war erst angebahnt, seitdem auch experimentelle Psychologen die Frage in den Bereich eigener Untersuchungen zogen. *Galton* und *Ribot* brachten das erste Material durch die Fragebogenmethode. Mit Hilfe des Reaktionsexperimentes untersuchten in einer fortlaufenden Entwicklung eine Reihe Forscher die Denkvorgänge, besonders *Marbe, Watt, Ach, Messer, Schultze, Bühler,* zumeist unter der Leitung von *Külpe* (die „Würzburger Schule"). Mit *Bühler* kam die Reihe zur Anerkennung des Intellektualismus, wogegen dann eine starke Gegenbewegung einsetzte: *v. Aster, Wundt, Titchener* und andere.

Die Bedeutung der Streitfrage darf, wie *Binet* bemerkt, nicht übertrieben werden. Ebenso wie man in der Physik über die Schwerkraft wichtige Sätze aufstellen kann, ohne ihr Wesen vorläufig entscheiden zu können, ja selbst bei einer falschen Ansicht über dieses Wesen, so kann man auch über die Beziehungen der Urteile, ihre Wirkungen usw. manche richtige Sätze aufstellen. auch wenn man in der Erkenntnis ihres Wesens sich täuschen sollte. Anderseits ist nicht zu leugnen, daß doch manches Kapitel der Psychologie ein anderes Aussehen gewinnt. je nachdem alle Erkenntnisvorgänge auf sinnliches Geschehen zurückgeführt werden können oder nicht.

2. Die hauptsächlichsten Erklärungsversuche des Wesens der Gedanken. Die reinste Form der sensistischen Theorie versucht, alles durch Vorstellungen verschiedener Art zu erklären. So verglich *Galton* die allgemeinen Ideen mit zusammengesetzten Photographien. Klarer führte das *Huxley* durch (1879): Die Wiederholung der ähnlichen Eindrücke verstärkt die entsprechenden Elemente der zusammengesetzten Idee. Das beweisen die Typenphotographien, wo dasjenige, was den verschiedenen Einzelgliedern derselben Gattung gemeinsam ist, stärker betont wird. Andere legten das Hauptgewicht auf die Wortvorstellungen; nach *Max Müller* fällt der Gedanke mit dem Wortbild zusammen. *Taine* betrachtet die allgemeinen Ideen als durch abstrakte Worte gegeben. Oft hat man diese Theorie dadurch annehmbarer zu machen versucht, daß man annahm, solche Vorstellungsreihen könnten durch Zusammenziehung, Verkürzung neue Eigenschaften bekommen, die denen der gewöhnlichen Vorstellungen ziemlich unähnlich seien, die Verdichtungstheorien.

Viel häufiger ist in neuerer Zeit der Versuch gewesen, den eigentlichen Gedanken durch unbewußte Prozesse zu erklären. Besonders *v. Kries* hat die Theorie ausgebildet (ZPs 8, 1 ff.): Dasjenige, was den Wortklang begleitet, um ihn verständlich zu machen, braucht überhaupt nichts Bewußtes zu sein, sondern es genügt dafür die Anwesenheit einer bestimmten Gehirneinstellung. Diese Einstellung kann durch ihre Beziehungen zu den Bewußtseinserscheinungen etwas Unbestimmtes sein, insofern sie gleichzeitig zu einer ganzen Reihe von solchen in Beziehung gesetzt wird. Ähnlich *Wundt, Binet.*

Den meisten, die noch auf sensistischem Boden stehen, genügt aber die bloße Anwesenheit eines unbewußten Prozesses nicht ganz, da nicht einzusehen sei, wie sich dann das verstandene Wort vom nichtverstandenen im Bewußtsein unterscheide. Sie nehmen deshalb an, daß jene unbewußten Prozesse, Einstellungen usw. irgend einen Schein ins Bewußtsein werfen, etwa vergleichbar der Bekanntheitsqualität, die man bei einem früher gesehenen Objekt empfindet, bevor man noch zur klaren Wiedererkennung gekommen ist. Nach *Wundt* ist das Zweifelgefühl ein Gemütszustand, das Gefühl der Übereinstimmung ein Gefühl des Nachlassens usw. *James* spricht von einem Halbschatten, welcher die Bilder umgibt und ihren Wert erst ausmacht, von einem psychischen Oberton, einer Franse, worin sich das Beziehungsbewußtsein zeige.

§ 2. Die experimentelle Untersuchung des Wesens der Gedanken.

Literatur. Der Streit zwischen *Wundt* und *Bühler* in ArGsPs 12, 93 445. — *Michotte*, A propos de la méthode d'introspection, in Revue néo-scholastique 14 (1907) 507 ff.

1. Die Methodik. Bei den meisten Gedankenuntersuchungen wurde die Methode des Reaktionsexperimentes herübergenommen. Bei diesem wird ein Wort zugerufen, die Versuchsperson muß dann eine an das Wort geknüpfte Aufgabe erfüllen und schließlich das verabredete Zeichen geben. Die Gedankenexperimente unterscheiden sich nur dadurch, daß eine Denkarbeit zu leisten und später genauer Bericht über deren Verlauf im Bewußtsein abzulegen ist. So ging schon *Ribot* (1891) in seiner Umfrage über die allgemeinen Ideen voran, ebenso später *Binet*. *Marbe* ließ besonders einfachste Urteile bilden. Indessen wenn man die Frage 7 + 5 richtig beantwortet, so kann man der Wahrheit sicher sein und hat dann ein wenn auch leichtes Urteil gefällt. Wenn dagegen, was leicht möglich ist, die Antwort nur gedankenlos reproduziert, nicht als richtig anerkannt wäre, dann fehlte gerade die Eigenschaft, deren Wesen wir hier untersuchen wollen. *Messer* verlangte Angabe übergeordneter Begriffe oder des Verhältnisses zwischen gegebenen Begriffen usw. *Bühler* bevorzugte schwerere Denkstoffe, bei denen man sicher sein konnte, daß eine wirkliche Denkleistung vorliege. Er legte z. B. einen Aphorismus zur Beurteilung vor und ließ angeben, ob man ihn anerkenne oder verwerfe. Ein Beispiel von ihm: Ist das richtig? „Jedem das Seine geben, das wäre die Gerechtigkeit wollen und das Chaos erreichen." — Antwort erfolgte nach 10″ mit Ja. Beschreibung des Prozesses: Zunächst war eigentümliches Stadium der Überlegung da mit Fixation einer Fläche vor mir. Nachhall der Wörter mit besonderer Betonung des Anfanges und Endes des Satzes. Tendenz, dem Behaupteten recht zu geben. Da fiel mir plötzlich *Spencers* Kritik des Altruismus ein, mit dem Gedanken, der dort die Hauptsache ist, nämlich daß der Zweck des Altruismus gar nicht erreicht werde. Darauf sage ich ja. Vorstellungsmäßig war nur das Wort *Spencer* gegeben, das ich innerlich aussprach. — Im wesentlichen ist diese Methode auch von den folgenden beibehalten worden. Das Gemeinsame ist die Ausführung eines verlangten Gedankenvorganges, der sehr verschieden sein kann, vom bloßen Verstehen eines Wortes bis zur Entscheidung einer schweren Frage; darauf ein genauer Bericht über alles, was im Bewußtsein vorgekommen war, der gelegentlich durch Fragen ergänzt wird.

Wundt wandte dagegen ein, es werde hier der Beobachter durch die unerwartete Aufgabe überrascht, was für jede Beobachtung schädlich sei. Es werde weiter dem Beobachter eine unausführbare Verdopplung der Aufmerksamkeit zugemutet; er müsse einerseits intensiv über den gebotenen Satz nachdenken, den er lösen soll, und zwar möglichst schnell, und gleichzeitig solle er diesen subjektiven Vorgang

mit gespannter Aufmerksamkeit beobachten. Die dem Experiment eigentümliche Wiederholung des Versuches unter gleichen Umständen sei auch ausgeschlossen. Ebenso sei nicht zu sehen, wie man dabei die Bedingungen gesetzmäßig ändern könne.

Bühler leugnet die Berechtigung dieser Einwände. Von der behaupteten Überraschung bemerkten seine Versuchspersonen nichts. *Külpe* erklärte als Versuchsperson, das Ganze komme ihm durchaus natürlich vor wie eine alltägliche Arbeit. Auch wußten die Versuchspersonen, daß es auf Schnelligkeit nicht ankam. — Durchaus verfehlt ist der Vorwurf, es werde eine Verdopplung der Aufmerksamkeit verlangt. Schon *Messer* fand, daß eine eigentliche Selbstbeobachtung während des Versuches selbst nicht stattfindet, oder, wenn das einmal zufällig geschieht, dadurch der Versuch gestört wird. Erst wenn die Aufgabe gelöst ist, richtet man die Aufmerksamkeit zurückschauend auf das eben Durchlebte. — Durch die Teilung zwischen Versuchsleiter und Beobachter ist auch hier die Unwissentlichkeit des Verfahrens gewahrt. Freilich kann man nicht einfach dieselbe Frage wiederholen, wie das auch bei den anerkannten Assoziationsexperimenten nicht geschieht, sondern muß sich auf ähnliche Beispiele beschränken. Aber diese Ähnlichkeit kann völlig genügen, wenn nur Gleichheit in denjenigen Beziehungen besteht, welche hier untersucht werden. Man vergleiche z. B. die auf diesem Wege von den verschiedensten Forschern übereinstimmend gegebene Darstellung, wie sich das Verständnis eines gehörten Wortes allmählich entwickelt.

Eine Schwierigkeit für diese Experimente liegt in der Erinnerung, die immer höchst unvollständig ist. Daraus folgt gewiß, daß es nicht erlaubt ist, etwas für fehlend zu erklären, weil man sich nicht daran erinnern kann. Dagegen bleiben positive Resultate hier ebenso gültig wie sonst. Auch läßt sich die Unvollkommenheit der Erinnerung in etwa ausgleichen, besonders durch Wiederholung der Versuche, deren Protokolle sich gegenseitig ergänzen. — *Kakise* gesteht nach seinen Erfahrungen dieser Methode eine bedeutende Überlegenheit über das allgemein geübte Assoziationsexperiment zu (Abschn. 5, Kap. 4). Die Bedingungen des Assoziationsexperimentes sind künstlicher: Man soll mit einem Wort reagieren, dieses muß vom Reizwort verschieden sein, soll die erste Reproduktion bezeichnen und möglichst schnell kommen. Das alles beeinflußt sehr den Vorstellungsverlauf, während bei der vorliegenden Methode der Beobachter sich ganz gehen lassen kann. Die entscheidendste Rechtfertigung der Methode liegt natürlich in ihrer allgemeinen Anwendung und den Resultaten, die sie auf verschiedenen Gebieten gebracht hat.

2. Die experimentellen Ergebnisse. *Ribot* hatte in seiner Umfrage über allgemeine Begriffe nur Wort- und Sachvorstellungen vorgefunden. Manche gaben an, sie hätten bei dem Assoziationsversuch nichts im Bewußtsein. *Ribot* schließt daraus, das Wort sei das Zeichen des Objektes, das Objekt aber liege verborgen und werde unbewußt durch das Wort dargestellt. — Der Einwand liegt nahe: Wenn im Bewußtsein nur das Wort wäre, dann wäre die Bedeutung des Wortes unbewußt. Wie unterscheidet sich dann das unverstandene vom verstandenen Wort? Was geht vor sich, wenn das anfangs unverstandene Wort später verstanden wird?

Marbe forderte Urteile mannigfacher Art. Aus den Selbstbeobachtungen schließt er, daß es keine Bewußtseinserlebnisse gibt, die immer das Urteil begleiten. Die Antwort kann sogar reflektorisch erfolgen ohne jedes Bewußtseinserlebnis und ist doch ein Urteil, d. h. verdient das Prädikat richtig oder falsch. Anderseits folgert *Marbe* aus logischen Überlegungen, daß im Urteil ein Bewußtseinsvorgang nach der Absicht des Erlebenden mit andern Gegenständen übereinstimmen solle. Den Widerspruch, daß die psychologische Erforschung keinen eigentümlichen Inhalt des Urteils bietet, die Logik aber ein Wissen um die Übereinstimmung verlangt, löst er dadurch, daß dieses Wissen etwas Unbewußtes sei, eine bloße Fähigkeit zu bestimmten

Leistungen. — Neben diesem mehr negativen Resultat beschrieb er übrigens andere nicht unwichtige Erlebnisse, die er Bewußtseinslagen nennt, d. h. Tatsachen, deren Inhalt einer näheren Beschreibung schwer zugänglich ist, z. B. die Bewußtseinslage des Zögerns, Zweifelns, der Sicherheit, der Zustimmung, der Erwartung usw. — Wie schon *Messer* bemerkte, erklärt das nicht den Unterschied darin, ob man etwas als wahr anerkennt, oder gedankenlos eine richtige Antwort gibt. Die Verweisung auf ein dispositionelles Wissen erklärt nicht, daß jemand zunächst einen Satz nicht verstehen, dann verstehen kann; da muß sich etwas im Bewußtsein geändert haben. — Man versteht leicht, daß die Versuchspersonen damals noch nicht diejenige Übung in der Selbstbeobachtung besaßen, die sie in späteren Arbeiten bewiesen, ihre Gedanken in ihrer Eigenart aufzufassen. Die sehr große subjektive Schwierigkeit, die hier vorliegt, hat besonders *Schultze* nach eigenen Erfahrungen eindringlich geschildert. Man wird diesen Mangel der Pionierarbeit, die die ganze Gedankenforschung angeregt hat, nicht zu hoch anrechnen dürfen. Jedenfalls ist nicht zu vergessen, daß in den Bewußtseinslagen auch auf etwas Positives hingewiesen war, das sich weiter entwickeln sollte. — Aus der Arbeit von *Watt* gehört hierhin nur, daß er das Urteil darin sieht, daß die Reaktion durch die gestellte Aufgabe bedingt worden sei. — Mit Recht hat man erwidert, daß in den psychologischen Versuchen alle möglichen Reaktionen durch die Aufgabe bedingt sind, ohne daß immer Urteile vorliegen.

Ach (Über die Willenstätigkeit und das Denken, 1905) spricht in dieser Experimentalreihe zum ersten Mal klar aus, daß ein unanschaulich gegebenes Wissen gegenwärtig (bewußt) sei, was er Bewußtheit nennt. Mit der Wahrnehmung der Worte kann sich ein klares Wissen ihrer Bedeutung verbinden, ohne daß uns diese Bedeutung als Vorstellungsinhalt gegenwärtig wäre. Oft leuchtet der kommende Inhalt blitzartig auf, was unmöglich durch inneres Sprechen geschehen kann. Der unanschauliche Gedanke zeigt sich besonders klar beim raschen, verständnisvollen Lesen. Es fehlen bei *Ach* allerdings nicht Äußerungen (§ 14), die man als Gleichsetzung der Bewußtheit mit der unbewußten Tätigkeit verstehen möchte; z. B. daß die Erregung der Reproduktionstendenzen die Bewußtheit der Instruktion „ausmache", daß das Bewußtsein des Einverständnisses im Ablauf des Geschehens selbst enthalten sei. Aber diese mehrdeutigen Ausdrücke heben die offene Aussprache der Eigenart des gegenwärtigen unanschaulichen Wissens nicht auf. *Ach* kam es in seiner damaligen Darstellung weniger darauf an, die Natur der Bewußtheit klar abzugrenzen, als den ursächlichen Zusammenhang der Vorgänge klarzulegen, besonders die wichtigen determinierenden Tendenzen, auf die wir anderswo zurückkommen. — *Messer* fand beim Verstehen der Worte eine gewisse Selbständigkeit gegenüber Sachvorstellungen. Er sieht das Wortverständnis in den unbewußten realen Prozessen der Assoziation, welche in verschiedenen Intensitäten erregt sind und so einen verschiedenen Reflex ins Bewußtsein werfen. Unter Urteil versteht er einen Denkvorgang, der in einem sinnvollen Aussagesatz seinen vollständigen sprachlichen Ausdruck finden kann. Als sein wesentliches Merkmal bezeichne die Versuchsperson eine gewisse prädikative Beziehung, die anerkannt worden sei. Indessen kommt *Messer* zu keiner klaren Entscheidung über das Verhältnis dieses Urteils zu den sinnlichen Prozessen. Die Bewußtseinslagen bildet *Messer* weiter aus und sieht in ihnen regelmäßige Begleiterscheinungen der Denkprozesse.

Schultze (ArGsPs 8 [1906]) stellt die Klassen der Erscheinungen und Gedanken einander gegenüber. Der gemeinsame Charakter der Erscheinungen, zu denen Empfindungen und Gefühle gehören, ist Anschaulichkeit; die Gedanken dagegen sind zwar auch unmittelbar vorgefunden, aber unanschaulich. Es kostet zunächst einen großen Entschluß, auf Grund des unmittelbaren Bewußtseins zu sagen, Anschauungen

seien nicht das einzig Erlebbare. Im übrigen leitet bei der Feststellung der Gedanken durchaus die Evidenz des unmittelbar Erlebten, genau so unmittelbar, wie wenn man sagt, ich habe soeben ein Rot gesehen. Aus den Vorstellungen allein könnte man oft den Sinn nicht ablesen. und doch weiß man ihn genau. Manchmal wird ein Wort gehört, ohne zunächst verstanden zu werden; andere Male decken sich Gedanke und Erscheinung inhaltlich nicht. Wenn man bei Gedanken von unbewußt spricht, meint man bisweilen ihren unanschaulichen Charakter. Oft bemerken wir eine Verschiedenheit von Gedanken, ohne daß sie anschaulich wiedergegeben wäre. Und doch ist der Inhalt nicht bloß erschlossen; denn wir können nachträglich entscheiden, ob wir das nun in Worte Gefaßte früher gedacht haben oder nicht.

Bühler sieht in den Bewußtheiten oder Gedanken, wie man sie besser nennt, seelische Tatsachen von besonderer Eigenart, die auch ohne Verbindung mit Vorstellungen klare Wissensinhalte darstellen. Bei der Prüfung der Selbstbeobachtungen fand sich neben Wort- und Sachvorstellungen, neben symbolischen Richtungsänderungen, Gefühlen, wie Zweifel, Erstaunen, als Wichtigstes etwas, das keine sinnliche Qualität oder Intensität zeigt, höchstens einen Klarheitsgrad, Sicherheitsgrad; gewöhnlich wird es bezeichnet als „ein Wissen, daß . . .". oder als Gedanke. Die Vorstellungen können unmöglich als Träger des festgefügten Denkgehaltes betrachtet werden. Man hat schon unmittelbar den Eindruck, das müßten unwesentliche Nebenerscheinungen sein. Ferner weiß man beim Bericht über die Erlebnisse oft gar nicht mehr, ob die Vorstellungen mehr skizzenartig oder ausgeführt waren, während man mit voller Sicherheit sagen kann. was man gedacht hat. Es besteht ein auffallender Gegensatz in der Richtigkeit des berichteten Gedankens und der wiedergegebenen Worte. Auch kann man nicht sagen, der Gedanke bestand in Vorstellungen, die vorhanden gewesen, aber bis zum Bericht vergessen wurden. Denn die Gedanken selbst kann man noch sehr genau berichten. Wären die entfallenen sinnlichen Vorstellungen wirklich ein Teil des Denkgefüges gewesen, so müßte ja in der Erinnerung eine Lücke im Gedankengehalt bestehen.

v. Aster (ZPs 49, 56 ff.) wendet ein: Die nachherigen Beschreibungen über den Gedankeninhalt sind bloß eine Kundgabe, d. h. ein Ausdruck, mit dem die damalige Stimmung wieder hervorgerufen wird, nicht eine wirkliche Beschreibung. Nach *Titchener* ist hier *Bühler* dem „Reizirrtum" unterlegen. Anfänger begehen oft den Fehler, daß sie nicht die subjektiv empfundenen Schallstärken beachten, sondern statt dessen vielleicht die vermutlichen Fallhöhen der Körper. Geradeso sei hier beschrieben worden, worüber der Reihe nach nachgedacht worden, aber nicht worin dieses Nachdenken subjektiv bestand, wie auch *Dürr,* eine der Versuchspersonen *Bühlers,* von sich aussagte. *Woodworth* antwortet mit Recht: Dieser Einwand setzt die sensistische Theorie als wahr voraus. Er verlangt nämlich, den Inhalt des Gedankens in Empfindungsmaterial zu beschreiben; wenn es aber etwas anderes gibt, ist das unmöglich. Wenn jemand berichtet, er habe im Versuch das Gesicht seines Freundes gesehen, so wäre es ein Reizirrtum, wenn dieses Gesicht im Versuch nicht vorkam. Wenn er es aber wirklich sah, darf er es in der Beschreibung nicht auslassen. Ähnlich darf auch ein Berichterstatter über seine Gedanken nicht den damaligen Gedankeninhalt auslassen.

Ungefähr gleichzeitig mit den ersten Arbeiten der *Külpe*schen Schule gehen auch die ersten Arbeiten *Binets,* in denen er gegenüber *Taine* an einem großen Material nachweist, wie ungenügend die Erklärung des Denkens durch Bilder ist. Der einfache Gedanke: „Ich reise morgen aufs Land", kann nicht durch Bilder wiedergegeben werden. Man denkt etwa an 1000 Mark und hat vielleicht in der Vorstellung nur einige Geldstücke. Bisweilen paßt das gegenwärtige Bild überhaupt nicht zum Gedanken. Die Zurückführung der allgemeinen Begriffe auf Bilder ist ungenügend.

Zu einer mehr sensistischen Lösung kamen mehrere Arbeiten aus der Schule von *Titchener*. *Okabe* (AmJPs 21 [1910]) ließ über Annahme oder Verwerfung von dargebotenen Sätzen entscheiden. Nach seiner Zusammenfassung kann das Bewußtsein der Annahme in kinästhetischen Vorstellungen bestehen (worin Atmen, veränderte Körperhaltung, ein Gefühl der Überlegenheit die Hauptrolle spielen), oder in innerer Sprache, oder in den Beziehungen visueller Bilder. Der Glaube liegt im Verlauf dieser Inhalte. — Geht man indessen auf die Selbstbeobachtungen zurück, so verändert sich das Bild wesentlich. Ein Beobachter erklärt als Wichtigstes die Wahrnehmung des Übereinstimmens oder Nichtübereinstimmens des Satzes mit der eigenen Erfahrung; ein anderer ist nicht geneigt, den Glauben mit den Wortbildern oder kinästhetischen Vorstellungen gleichzusetzen; er spricht von einer Verschmelzung des Satzes mit Gedächtnisvorstellungen, von einem Widerstreit der Meinungen (Urteile), der zur Ablehnung führte, und ähnliches öfter. Auch der, welcher die Hauptsache des Urteilsbewußtseins in einem organischen Komplex sah, beschreibt denselben näher als Stolz über Unwahrheiten; die Klarheit und Bestimmtheit der Zustimmung hing nach ihm, logisch gesprochen, von der Beziehung des Satzes zum vorhandenen Wissen ab, durch das er gerechtfertigt wurde. Diese Beziehung erklärte er für eine kinästhetische Bewußtseinslage. Berücksichtigt man, daß die Versuchspersonen „mit dem Unterschied von Kundgabe und Beschreibung vertraut waren", d. h. daß sie unterrichtet waren, eine wissenschaftliche psychologische Beschreibung erlaube nur Empfindungen, Gefühle u. ä., alles andere sei unwissenschaftliche Ausdrucksweise, so begreift man ihr Bestreben, in den Begleiterscheinungen den Gedankenprozeß selbst zu sehen. Daneben bleiben die Aussagen über das wesentliche Bewußtsein der Übereinstimmung usw. unverarbeitet stehen. — *Kakise* findet den Gedanken nicht in bestimmten Wortvorstellungen oder Vorstellungen überhaupt, das beides fehlen kann. Die Elemente des Verstehens eines Wortes oder Satzes sind nicht bestimmte Erfahrungen, sondern Phasen der Reproduktion, beginnend mit dem Bekanntheitsgefühl. — Auch *Jacobson* (AmJPs 22 [1911]) erblickt die Bedeutung der verstandenen Worte in den Assoziationen, welche sie wecken. Als es sich um das Verstehen eines Satzes handelte, zweifelte sein Beobachter lange, ob er die assoziierten Vorstellungen mit der Bedeutung gleichsetzen solle, und tat es schließlich nur, weil sich ihm nichts anderes darbot (!). — Dagegen *Bovet* (ArPs [f] 8): In Versuchen *Claparèdes* kommen visuelle Vorstellungen häufig vor, aber aus ihnen könnte ein anderer den Gedanken nicht erraten. Ebenso *Reed* (PsR 25): Der Zusammenhang der Bedeutungen mit den Vorstellungen ist nie bewiesen worden. *Moore:* Wenn *Geißler* 3″ lang den gedruckten Satz betrachtet: „Haben Sie gesehen, daß er den Mann tötete?" und dann erklärt, es sei keine Bedeutung erlebt worden, so muß er offenbar unter Bedeutung etwas anderes verstanden haben als gewöhnliche Menschen, vermutlich eine bildliche Darstellung.

Koffka (Zur Analyse der Vorstellungen und ihrer Gesetze, 1912) bestätigt, daß das reine Verständnis ohne Vorstellungen irgend welcher Art vollständig genügen kann und oft zur Reaktion benützt wird. Aber auch wenn beides zugleich vorhanden ist oder das Verständnis erst mit den Vorstellungen auftritt, sind sie nicht dasselbe. Es kann nämlich eine Vorstellung auftreten, und die Versuchsperson wissen, daß sie der Bedeutung nicht entspricht. — *Moore* verglich die Zeiten, die es brauchte, bis ein gebotenes Wort verstanden wurde, mit denen, die zur Entwicklung der zugehörigen Gesichtsvorstellung notwendig waren; regelmäßig waren die letzteren Zeiten länger. Auch zeigten Bedeutung und Bild verschiedene Eigenschaften. Die Allgemeinheit der Bedeutung kann nicht abgebildet werden; sie ist ein Wissen, das nicht eine Fähigkeit zu Gesichtsvorstellungen ist, sondern ein Bewußtseinserlebnis. Ebenso ist es leichter, ein gebotenes Bild zu verstehen, als seinen Gegenstand zu benennen; das Wort kann ausbleiben, ist oft ungenau, im Gegensatz zur Be-

deutung. — Die Lehre des Intellektualismus ist weiter gebildet in *Aveling, Selz, Lindworsky,* worauf wir bei der eigentlichen Behandlung der Intelligenz zurückkommen. *Stern* vertritt ebenso die Eigenart der Intelligenz in der Kinderpsychologie. Neuestens äußerten sich auch *Störring* und *Erismann* im gleichen Sinne.

§ 3. Die Natur der Gedankenprozesse.

1. Die reinste Form des Sensismus sieht das Verstehen im Auftreten von Vorstellungen. Es wird ein Wort verstanden, weil und dadurch, daß das Bild des bezeichneten Gegenstandes auftritt; ein Satz dadurch, daß seine Bestandteile so verstanden sind. Dazu gehört teilweise auch die Theorie *Titcheners*: Die Bedeutung eines Wortes ist sein Zusammenhang mit einem andern, nämlich daß zum ersten ein zweites hinzutritt. Wir verstehen ein Ding, wenn wir es benennen können (er übersieht, daß „es benennen“ mehr ist als das Hinzutreten eines Wortes). Es mag vorkommen, daß alle bewußte Bedeutung auf kinästhetischen oder Wortvorstellungen beruht. *Titchener* selbst nennt das „eine überraschend einfache Erklärung“! — *G. E. Müller* (Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufes III, § 130) sieht die Bedeutung allgemeiner Wörter wesentlich in dem Auftreten entsprechender undeutlicher Vorstellungen. Die undeutlichen Konsonantenbilder lassen oft bloß erkennen, ob es ein Oberzeiler ist. Das undeutliche Bild vergegenwärtigt uns also das Objekt nur der Art nach; es ist eine Vorstellung von funktioneller Unbestimmtheit; in sich, als psychische Erscheinung, ist die Vorstellung ganz bestimmt. In manchen Fällen ist freilich eine undeutliche Vorstellung für einen Begriff nicht zu gewinnen. Die abstrakten Begriffe des entwickelten Denkens arbeiten nicht damit, sondern mit Hilfe der Sprache; das Wort aber besitzt seine Bedeutung nur in Assoziationen.

Gegen diese Erklärungen ist zu sagen: a) Zunächst steht außer allem Zweifel, daß das Verständnis eines Wortes nicht darauf beruht, daß sein Objekt in einer sachlichen Vorstellung gegenwärtig sei. Nach den verschiedensten Forschern kann ein Wort längst verstanden sein, wenn noch keine Spur einer Vorstellung des Objektes da ist. Und diese Vorstellung ist meist auch in ihrem Höhepunkt weit entfernt, das genannte Objekt eindeutig zu bezeichnen, wie *Binet* weitläufig nachwies. Höre ich das Wort „Pferd“, so verstehe ich es sofort, wenn ich auch im Bewußtsein vielleicht nur ein paar Striche sehe. Wie soll aber erst ein abstrakter Begriff durch Sachvorstellungen wiedergegeben werden? Das Dreieck, auf das ich die geometrischen Sätze beziehe, ist als solches evident durch ein bestimmtes Dreieck nicht bezeichnet. Und ein allgemeines Dreieck als sinnliches Bild ist mit Recht seit *Berkeley* als widersinnig anerkannt worden. Auch die Typenphotographien von *Galton* sind in allen ihren Teilen etwas ganz Bestimmtes; der so dargestellte Mensch hat eine bestimmte Größe, Hautfarbe. Bei einem Satz, wie: „Ich kam gestern zu spät nach Hause“, ist der Inhalt in einem Bilde oder in einer Reihenfolge von Bildern nicht zu denken.

b) Selbst wenn sich zu jedem Worte ein Vorstellungskomplex fände, so wäre das bloße Reproduzieren dieser Vorstellungen noch kein Verstehen der Worte. Es kann ja auch ein unpassendes Bild auftauchen. Und wäre die Vorstellung richtig und genau,

so läge nicht in ihrem Vorhandensein das Verständnis, sondern erst im Wissen der Beziehung zwischen Wort und Bild. Wenn eine undeutliche Vorstellung als Stellvertreter für ein bestimmtes Objekt stehen soll, welches dadurch gemeint ist, worin besteht dann dieses Meinen eines andern genauer bestimmten Objektes? Entweder ist dieses Wissen im Bewußtsein, dann muß es neben der undeutlichen Vorstellung dort noch etwas anderes geben, das zugleich bewußt und weder deutliche noch undeutliche Vorstellung ist; oder es ist selbst nicht bewußt, dann kommen wir zur folgenden Lösung. Auf letzteres deutet auch die Ausdrucksweise hin, daß das Wort seine Bedeutung in Assoziationen besitze.

c) Noch aussichtsloser ist es, als Verständnis eines Wortes die bloße Gegenwart eines andern Wortes zu betrachten. Ein Wort ist als solches nur Schall, ohne natürliche Beziehung zum Objekt. Das Wort kann vorhanden sein, ohne verstanden zu werden, wie in einer fremden Sprache. Also kann die Bedeutung des Wortes unmöglich in der Gegenwart eines andern liegen. Auch *Jacobson* muß zugestehen, daß, wenn man alle anwesenden sinnlichen Elemente beschreiben läßt, welche das Verständnis eines Wortes oder Satzes begleiten, niemand daraus erkennen kann, in welchem Moment das Verständnis dazutrat.

Man hat den Ausweg versucht, daß vielleicht eine Reihe von sinnlichen Elementen durch Zusammenschiebung, Verschmelzung jene neuen Eigenschaften erlangen könne, welche das Verstehen, den Gedanken ausmachen. Das erinnert an die Versuche, den Raum, die Zeit aus andersartigen, unräumlichen, unzeitlichen Elementen durch Verschmelzung zu gewinnen, die allgemein abgelehnt werden. Wenn auch die klarsten und vollkommensten sinnlichen Vorstellungen keine allgemeine Idee, keinen verstandenen Satz ausmachen, so ist es keine annehmbare Erklärung, auf eine große Menge von dunkeln zusammengeschobenen sinnlichen Vorstellungen hinzuweisen, als ob die etwas wesentlich Höheres vermöchten.

2. Wegen des offenbaren Ungenügens der sinnlichen Elemente haben viele das Entscheidende der Gedanken ins Unbewußte verlegt. Man spricht von der großen Menge angeregter Dispositionen, von der Eröffnung vieler Bahnen, die den allgemeinen Begriff bilden. Unser habituelles Wissen ist ja in der Tat ein unbewußter Besitz des Gedächtnisses.

Bei zwei Beobachtern fand *Titchener* anfangs Schwierigkeit in der Angabe der erlebten Bedeutungen; bei dem einen deshalb, weil er vom Unterricht her „gegen logische Auffassung gewarnt worden sei“; nach einiger Zeit boten sich aber die Bedeutungen von selbst; sie seien geradezu das Skelett, um die Reihenfolge der sinnlichen Erlebnisse festzuhalten. Seinem Unterricht entsprechend erklärt er trotzdem diese Bedeutungserlebnisse für nichts Psychisches, sondern für einfaches Alltagswissen (!). Der andere findet die Angabe der Gedanken deshalb schwierig, weil sie nicht analysiert werden können; sie seien kein Teil des Bewußtseins, sondern müßten „überdacht“ werden; man anerkennt oder verwirft sie, aber beobachtet sie nicht. Das Finden der Bedeutungen ist eine logische Aufgabe. Zu dieser Ansicht *Titcheners,* daß die Bedeutung nur in die Logik gehöre, bemerkt schon *Binet* (AnPs 17 [1911]) mit Recht: das ist eine Verwechslung. Die Logik untersucht nicht, was ist, sondern, was sein soll. Die Bildung unsrer Ideen, unsrer Überzeugungen ist durchaus ein psychologischer Vorgang und keine Logik. Ebenso *Koffka:* Wenn die Bedeutungen nichts Psychisches sind, was sind sie dann? Physisch sind sie doch auch nicht. Auf Grund welcher Beobachtungen machen dann die Versuchspersonen Angaben über die Bedeutungen? — Übrigens fällt *Binet* selbst schließlich in eine Erklärung durch das Unbewußte zurück. Die Gedanken sind nach ihm Dispositionen zu Bewegungen, nämlich zu jener innern Mimik, welche die Urteile, Vergleichungen, Schlüsse darstellt. Eine Bejahung ist ein Gestus, der „ja“ sagt, den wir innerlich

machen; der Widerspruch ist eine Zustimmung, die sich vorbereitet hatte, aber plötzlich gehemmt wird. — Es ist klar, daß hier genau dieselbe Antwort gelten muß. Das aktuelle Verständnis eines Wortes, eines Satzes besteht nicht darin, daß im Gedächtnis allerlei Dispositionen bereit liegen oder wirksam sind; es ist notwendig etwas Bewußtes, ein Wissen um etwas. Wir bemerken mit voller Klarheit sein Entstehen und Vergehen, wie das Verständnis eines Satzes etwa erst schwach anklingt, dann völlig klar vor uns steht und wieder verblaßt. In den Versuchen kann nur vom Beobachter angegeben werden, bei welchen sinnlichen Elementen das Verständnis auftrat, und keiner sonst kann es angeben; die sinnlichen Elemente machen es nicht aus. Es hat also das Verständnis alle Charaktere eines psychisch bewußten Aktes, wenn auch nicht von der Art einer sinnlichen Vorstellung. Wenn ich endlich einen mathematischen Satz mit Evidenz einsehe, so will ich damit nicht sagen, daß sich mir unbewußt in meinen Dispositionen etwas geändert habe, sondern ich erlebe mit großer Klarheit einen aktuellen Bewußtseinsakt, eine Anerkennung einer Wahrheit, deren Inhalt und Sicherheit mir bewußt ist. — *Bühler:* Der Gedanke ist ein wirklicher Bewußtseinszustand. Es ist gänzlich undenkbar, daß ein Bewußtseinsmögliches, die zukünftigen Vorstellungen oder die unbewußten Dispositionen die bewußtseinswirklichen Gedanken seien. Mag der Gegenstand sein, was er will, seine Bestimmtheiten können uns nicht gegeben sein, wenn sie uns nicht bewußt sind.

Eine Art Mittelstellung zwischen den ersten beiden Hauptansichten ist es, wenn gesagt wird, daß das unbewußte Wissen einen Schein ins Bewußtsein werfe, der aber wegen seiner Dunkelheit, Verschwommenheit nicht genauer gefaßt werden könne. Man erinnert an die Vorstellungen in Bereitschaft, welche sich schon vorher irgendwie bemerkbar machen. Manche sprechen von einem Gefühl, *Wundt* von dem Totalgefühl, indem der Gedanke zunächst als Ganzes im Bewußtsein stehe, das meiste im Hintergrund.

Aber das genügt der Selbstbeobachtung nicht. Das Wort „Gefühl“ kann da nur irreleiten, da es kein Gefühl im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, sondern eine Erkenntnis. Der Gedanke ist nichts Dunkles, sondern etwas ganz Klares. Der klare Gedanke, mit dem ich den Inhalt eines mathematischen Satzes erfasse und anerkenne, der in seiner Allgemeinheit erkannte allgemeine Begriff „Haus“ kann unmöglich mit einer Stimmung zusammenfallen, hat nichts zu tun mit dem unbeschreibbaren dunkeln Hintergrund des Bewußtseins oder dem Tonfall, dessen bloße Kundgabe er sein soll.

3. Wenn also der Gedanke ein wahres bewußtes Wissen ist und sich anderseits kein Weg zeigt, ihn in Vorstellungen oder Gefühle aufzulösen, so wird man hier ein n e u e s p s y c h i s c h e s E l e m e n t anerkennen müssen. Das hat sicher dieselbe Berechtigung, wie bei Raum- und Zeitwahrnehmungen von einem nicht ableitbaren Erlebnis zu sprechen. Diese Anschauung würde auch manche Äußerungen rechtfertigen, so wenn *Marbe* und *Orth* die Bewußtseinslagen als nicht auflösbar hinstellen, wenn *Ach* dasselbe von den Bewußtheiten, *James* von den Beziehungserlebnissen, von den Fransen des Bewußtseins aussagt. Sicher läßt es sich nicht anders verständlich machen, wenn der Gedanke als eine Summe von bewußten Beziehungen, als das Bewußtsein, daß man sich dieses vorstellen könne, erklärt wird. Ähnlich *Meumann:* Das Urteilen ist zweifellos ein völlig

Neues neben dem Vorstellen, eine eigenartige beziehende Tätigkeit, ein Vergleichen und Feststellen ihrer Gleichheit, ein Loslösen von Bestandteilen der Vorstellungen und ein Zusammenordnen oder Trennen nach gemeinsamen Beziehungen. Das Feststellen einer Eigenschaft des Dreiecks geht über das anschauliche Vorstellen des Dreiecks hinaus.

Was die sensistischen Erklärungen zunächst empfiehlt, ist die vielfache Abhängigkeit des Gedankens von sinnlichen Elementen. Der volle Inhalt des abstrakten Begriffes des Dreiecks ist in seiner Definition niedergelegt. Beim Denken über das Dreieck hat man entweder diese Worte gegenwärtig oder ein Phantasiebild, das ein Beispiel gibt. Das Wesen des allgemeinen Dreiecks ist ja in jedem vorgestellten Dreieck verwirklicht, es ist gewissermaßen nur ein Teil dieses Dreiecks, der auf Kosten des übrigen durch die Aufmerksamkeit besonders hervorgehoben wird. Dabei kann dann übersehen werden, daß dieser Teil nur eine Veranschaulichung ist, nicht das wirklich Gemeinte; denn auch er ist, wie die ganze Vorstellung, völlig bestimmt in Größe, Farbe, Ort usw., während das gemeinte Dreieck alle diese Eigenschaften ausschließt. Bisweilen sucht man dem Rechnung zu tragen, indem man auf die Möglichkeit der Reproduktion vieler andern Figuren hinweist. Aber da wird vergessen, daß diese Möglichkeit mit in den Bewußtseinsinhalt hineingehört.

Wenn *Wundt* sagt: Der Gedanke ist nichts Unbewußtes, sondern ein Ganzes aus einer Reihe durch logische Beziehungen verknüpfter sprachlicher und anschaulicher Vorstellungen, so sind hier die logischen Beziehungen das einzige, was als Gedanke anzusprechen ist; die Frage ist aber: Sind diese im Bewußtsein? und wie? Wenn sie es sind, haben wir etwas von den Vorstellungen wesentlich Verschiedenes; wenn nicht, ist der Gedanke unbewußt.

Nach dem vorliegenden Material der Gedankenexperimente müssen wir mithin sagen, daß jenes Wissen um logische Beziehungen, um einen allgemeinen Inhalt, der Gedankengang bei einem mathematischen Beweis usw. nicht erklärt wird aus den Vorstellungen, die gleichzeitig vorhanden sind. Weder eine einzelne Vorstellung, noch eine Vereinigung solcher, noch weniger ein unbewußtes Wissen kann das Wesen jener Gedankenarbeit ausmachen.

4. Schon ältere Autoren hatten gegenüber der einseitigen Assoziationspsychologie darauf hingewiesen, daß es sich bei Vorstellungen und Gedankenprozessen in der Tat um einen unüberbrückbaren Gegensatz handle. Besonders ausführlich *Brentano* (Psychologie Kap. 7) für das Urteil. Man kann nicht sagen, daß diese Darlegungen durch die neue Forschung gegenstandslos geworden wären. Man wird die meisten derselben auch in der heutigen Erörterung immer wieder finden, weshalb wir ihren Kern hier wiedergeben.

Sicher ist das Urteil von Vorstellungen nicht bloß äußerlich verschieden, d. h. in Ursache oder Wirkung, wie *Bain* und *Spencer* es meinten. Nach *Bain* bestände das Fürwahrhalten darin, daß nur „diese Vorstellungen“ für unser Handeln maßgebend sind, gewöhnliche Vorstellungen nicht. Aber mit Recht fragt man dann weiter: Woher kommt es, daß eine Art von Vorstellungen diesen Einfluß auf den Willen und das Handeln hat, die andere Art nicht? Dafür muß offenbar ein innerer Grund in der Beschaffenheit des Urteils liegen. Deshalb hat auch *Bain* seine Erklärung später selbst zurückgezogen. — *Spencer* meinte, Vorstellungen machten dann ein Urteil aus, wenn sich zwischen ihnen eine untrennbare Assoziation gebildet habe. Natürlich paßt das schlecht auf ein Urteil über eine zufällige einmalige Tatsache. Aber auch wo sie vorhanden, ist eine solche engere Assoziation nicht selbst etwas Bewußtes, sondern eine Disposition, die sich nur in ihren Folgen

offenbart. Wenn sich also diese Assoziation darin offenbarte, daß die beiden Vorstellungen zusammen auftreten, aber in ganz derselben Weise wie ohne Assoziation, dann bestände zwischen den Vorstellungen vor und nach dem Erwerb der Assoziation kein Unterschied. Wenn dagegen wegen der Assoziation ein solcher Unterschied entsteht, dann bestände eben in diesem Unterschied und nicht in der Assoziation das Wesen des Urteils. Also an einem innern Unterschied des Urteils vom Vorstellungskomplex kommt man nicht vorbei. *J. St. Mill* hat dieses Ungenügen der Assoziation sehr klar ausgesprochen: sonst wäre das Fürwahrhalten eine Sache der Gewohnheit und des Zufalles, nicht der Vernunft. Sicher ist eine Assoziation zwischen zwei Vorstellungen, so stark sie auch sein mag, kein hinreichender Grund des Fürwahrhaltens.

Der innere Unterschied ist ferner nicht bloß ein Unterschied der Vollkommenheit von Vorstellungen. Das Urteil liegt nicht etwa darin, daß eine Vorstellung besonders stark ist. Eine poetische Fiktion kann höchste Lebhaftigkeit haben, ohne für wahr genommen zu werden, und umgekehrt zeichnen sich abstrakte Urteile nicht durch lebhafte Vorstellungen aus. Das Urteil liegt auch nicht darin, daß Vorstellungen miteinander verbunden sind. Die völlig gleiche Zusammensetzung von Vorstellungen, die im Urteil vorkommt, kann auch einfache Vorstellung bleiben. *J. St. Mill:* „Was ist für unsern Geist der Unterschied zwischen dem Glauben, es sei etwas wirklich, und der Vorstellung eines von der Einbildungskraft entworfenen Gemäldes? Ich gestehe, daß ich keinen Ausweg finde, auf dem man sich der Ansicht entziehen könnte, daß der Unterschied ein letzter und ursprünglicher ist." Ähnlich *v. Kries:* Es wird ziemlich allgemein anerkannt, daß neben dem Zugleichbestehen der beiden Vorstellungen noch etwas Besonderes hinzukommen müsse, das „Geltungsbewußtsein" *Erdmanns.* Jedenfalls ist es etwas mehr als bloße Assoziation.

Das Urteil zeigt deshalb auch neue Grundeigenschaften, die in den Vorstellungen ihresgleichen nicht haben. Während Vorstellungen keinen eigentlichen Gegensatz zueinander bilden, außer insoweit die dargestellten Objekte Gegensätze sind, zeigt sich, ähnlich wie beim Begehren der Gegensatz von Liebe und Haß besteht, so hier der Gegensatz von Anerkennung und Verwerfung, die sich auf dasselbe Objekt beziehen können. Beim Urteil findet sich auch eine neue Art von Intensität, die größere oder geringere Gewißheit, die der Stärke von Vorstellungen nicht verwandt ist. Dem Urteil kommt die Eigenschaft der Wahrheit zu, eine neue Art Vollkommenheit, die sich bei der Vorstellung nicht findet.

In ähnlicher Weise verlangen übrigens auch die wahren allgemeinen Begriffe psychische Erlebnisse, die mit Vorstellungen nicht zusammenfallen können. Beim geometrischen Beweis handle ich vom Rechteck, nicht von einem besondern. wie es mir in einer unvollkommenen Darstellung vorschweben mag, sondern von dem, was allen Rechtecken gemeinsam ist, dessen ich mir während der Ableitung klar bewußt bin. Die dabei gedachten absolut geraden Linien habe ich nie gesehen. *v. Kries:* Es läßt sich nicht denken, welche Vorstellung das Wort „rot" begleiten soll. Da es eine Unzahl von Empfindungen bedeuten kann, können nicht alle diese gleichzeitig als Vorstellungen auftreten. Ebensowenig kann eine bestimmte Rotempfindung es sein, ein Rot von bestimmtem Farbenton und Sättigung usw.: noch weniger eine unbestimmte Rotempfindung. Denn das Unbestimmte ist an dem *realiter* gegebenen Bewußtseinszustand (genauer: an der Empfindung) ein Unding. Besonders aussichtslos sind die Vorstellungshypothesen bei abstrakteren Begriffen. Denn was wird bei Worten, wie Tugend, Gravitationsgesetz, Differentialrechnung ... vorgestellt?

Wenn aber dann *v. Kries* den Begriff in eine unbewußte Einstellung verlegt, so haben wir gesehen, daß das der Selbstbeobachtung nicht genügt, die uns unmittelbar sehen läßt, welche Begriffe wir im Augenblick haben. Auch *J. St. Mill,*

der zunächst mit *Berkeley* die allgemeinen Ideen verwirft, kann nicht umhin, in Nebenbemerkungen das Gegenteil wieder zuzugestehen (vgl. *James,* Principles I 469). „Wir haben die Macht, unsre Aufmerksamkeit auf einige Merkmale zu richten und die übrigen zu vernachlässigen.“ Aber dieses Fixieren einiger Merkmale ist nicht auf dieselbe Stufe zu stellen mit der stärkeren Beachtung des Fixierten vor der Peripherie im Gesichtsfelde. Es handelt sich vielmehr um das Hervorheben von Eigenschaften, die als solche einer sinnlichen Darstellung unfähig sind. Aus der Phantasievorstellung des Dreiecks hebe ich bloß den Komplex heraus, „drei gerade Linien zu haben“, sonst nichts; mit diesem arbeite ich. Wir haben, wie *James* sagt, das Vermögen, Qualitäten, Beziehungen usw. gesondert von der ganzen Erfahrung zu denken. Im Gegensatz zu den eigentlichen Vorstellungen, die den Stoff des Erkenntnisstromes ausmachen, sieht *James* darin Fransen des subjektiven Zustandes. Diese Benennung könnte verleiten, in den allgemeinen Begriffen etwas weniger klar Bewußtes zu sehen, einen Übergangszustand, während bloß das wahr ist, daß er die Anschaulichkeit der sinnlichen Erlebnisse nicht besitzt.

Diese allgemeinen Erwägungen bestätigen mithin, was die Nachprüfung der einzelnen Untersuchungen ergeben hat, daß wir in den Gedankenvorgängen Elemente einer andern und — ihrer Bedeutung nach — höheren Erkenntnis zu sehen haben. Wie diese Elemente bei der Verstandestätigkeit verwendet werden, bleibt später zu untersuchen. Hier liegt uns bloß ob, das Wesen der Elemente noch etwas zu klären.

§ 4. Zusammenwirken von Vorstellungen und Gedanken.

1. Wie entsteht das Verständnis? *Schwiete* (ArGsPs 19 [1910]) trennte die aufeinanderfolgenden Stadien durch kürzeste Darbietungen voneinander, indem er den Prozeß der Bildung des Verständnisses in einem bestimmten Moment abbrach. Verschiedene Untersuchungen haben diese einzelnen Stadien klargelegt, die nicht alle in jedem Prozeß nachweisbar sind.

Durch Störungen, z. B. Ermüdung, kann es kommen, daß gesprochene Worte zunächst rein klanglich aufgefaßt und nicht verstanden werden. Kurz nach Darbietung des Reizes hat man wohl eine einfache isolierte Empfindung. Wenigstens wird bei ganz kurzer Reizdauer berichtet, es sei der Ton gehört, die Farbe gesehen worden, aber es habe noch kein Erkennen, weder sprachlich noch unsprachlich, vorgelegen (*Baade,* 6 CgEPs 30). Das erste Anklingen des Verständnisses besteht gewöhnlich in einer Bekanntheitsqualität: die Bedeutung erscheint bekannt. Je geläufiger das Wort ist, desto stärker kann der Bekanntheitscharakter werden. Es besteht der Eindruck, darüber könne man viel sagen.

Vor dem eigentlichen Verständnis kann verschiedenes Wissen auftauchen, z. B. das Wissen um die Vieldeutigkeit des Wortes. Bisweilen wird die grammatische Form oder Kategorie zuerst erfaßt, oder daß es abstrakt sei usw. Es besteht ein Gefühl des Inhalts (*Kakise*): der Beobachter sagt, das Wort sei bedeutungsvoll. Bisweilen wird gesagt: Das Verstehen bestand in einem Bewußtsein der allgemeinen Sphäre, in die das Wort gehört; der Richtung, in welcher das Objekt liegt. Dieses „Sphärenbewußtsein“ wird oft gleichgesetzt mit dem übergeordneten Begriff, der ohne Worte im Bewußtsein vorkommen kann. „Butter“ wird etwa als „Nahrungsmittel“ aufgefaßt. Oder es ist das Bewußtsein da, etwas anderes dazu Gehöriges nennen zu können.

Sehr häufig sucht man dann das Verständnis zu klären. Einige suchen dafür nach Vorstellungen, die sich meist von selbst einstellen, wenn man lange genug bei der Aufgabe bleibt. Gewöhnlich sind diese Anschauungen sehr dunkel und unvollständig, es sind mehr wichtige Bestandteile angedeutet. Trotzdem weiß man, was damit gemeint ist. Die Vorstellung ist nicht eine bloße Veranschaulichung des schon vorhandenen Verständnisses, sondern ein Mittel, das zum klareren Verständnis verhilft. Ein anderes Mittel ist der logische Zusammenhang. Besonders bei höheren Abstrakta wird meist in einen Zusammenhang eingefügt, oft nur mit undeutlichen Vorstellungen, indem ein paar Stichworte auftauchen. Oder es kommt zu einem definierenden Verfahren, zu Umschreibungen, Einordnungen, Beispielserläuterungen.

Moore unterscheidet die erste unanalysierte Wahrnehmung der Bedeutung, wo man weiß, was es ist, aber alle Einzelheiten noch fehlen. So hat beim Lesen jedes Wort seine Bedeutung, die wir wissen, ohne daß wir Einzelheiten herausnehmen. Wenn die Zeit reicht, kommt dazu die analysierte Bedeutungswahrnehmung: Gestalt oder Zweck oder Klasse tauchen auf, meist vom allgemeineren beginnend, indem es Kategorien untergeordnet wird. Daneben kommen Bilder, Namen, die aber nicht die Bedeutung ausmachen. Das Wesentliche ist das Bewußtsein der Natur des Dinges. Nebensächlich sind Erinnerungen, Vorstellungen, Namen, Gefühle. Die Bedeutungen sind Bewußtseinserlebnisse, haben im Bewußtsein eine bestimmte Dauer, sind aber im Kommen und Gehen nicht scharf abgesetzt; sie können von der Aufmerksamkeit beachtet werden.

2. Die Rolle der Vorstellungen für das Verständnis.

Koffka: Das Verständnis wird durch hinzukommende Vorstellungen zweifellos irgendwie vollkommener; das wird in den Versuchen oft ausdrücklich angegeben. Um es zu unterstützen, braucht die Vorstellung nicht besonders klar zu sein. Vermutlich sind anfangs die Vorstellungen notwendiger, während sie im entwickelten Leben nicht mehr unentbehrlich sind. *Bühler:* Viele Denkaufgaben werden so gelöst, daß wir erst Vorstellungen bilden und an ihnen den Tatbestand ablesen, wie das *Störring* an einfachen Schlußprozessen nachwies. Die räumliche Anordnung kann die verschiedensten Verhältnisse veranschaulichen.

Schon *Messer* beschrieb das gegenseitige Durchdringen von Vorstellung und Bedeutung. Eine anfänglich undeutliche optische Vorstellung wird allmählich klarer. Sie beginnt etwa mit der Richtung auf etwas, entwickelt sich dann weiter, bisweilen bis zu halluzinatorischer Deutlichkeit. Daß sie als Entwicklung desselben Gegenstandes gilt, liegt an der bewußten Beziehung auf das Objekt, das gemeint ist. Bisweilen hat sie symbolische Bedeutung; so wurde einmal das logische Verhältnis von Zweck und Motiv durch sich schneidende Kreise dargestellt.

Die Wortbedeutung im Sinne einer vollständigen Definition ist gewöhnlich kein Erlebnis; was erfaßt wird, ist meist unvollständig. Ein Wort wird häufig in einer eingeengten Bedeutung genommen. Das erspart Anstrengung; nur so viel von der wirklichen Bedeutung ist gegenwärtig, als gerade nötig ist. Doch kann es auch schädlich sein, indem Überlegungen, die für ganz besondere, gerade im Erlebnis erfaßte Bedeutungen richtige Erkenntnisse geliefert haben, ohne weiteres auf die logische Gesamtbedeutung übertragen werden. *L. Martin* (ZPs 65, 417 ff.): Das unanschauliche Gedächtnis für vorher gezeigte Figuren überragt die auftauchenden Vorstellungsbilder aller Arten bei weitem. Trotzdem ist das Vorstellungsbild für

die Erinnerung nicht überflüssig. Das Bild ist ein Anhaltspunkt für die Aufmerksamkeit; wenn es mit dem Wissen zugleich auftritt, verstärkt es die Erinnerung. Während das unanschauliche Wissen eine besondere Schnelligkeit, einen blitzartigen Charakter besitzt, wie die plötzliche Einsicht in ein bloß berührtes Thema zeigt. ist es anderseits für sich arm an Einzelheiten, die es durch das Auftreten des anschaulichen Bildes erhält.

Gibt es ein Denken ohne alle gleichzeitige Vorstellung? Wie sich ein Urteil auf gegenwärtige Vorstellungen als sein Material aufbauen kann. wenn es auch etwas wesentlich Neues hinzufügt, so könnte es sein, daß allgemein in jeden Gedanken sinnliches Material eintreten muß oder aus irgend einem Grunde der notwendige Begleiter des Gedankens wäre. Die *Aristoteli*sche Psychologie nahm neben einem unüberbrückbaren Gegensatz zwischen Vorstellung und Gedanken trotzdem eine derartige notwendige Zusammengehörigkeit an. Als Grund wurde angegeben, daß Störung von Gedächtnis und Phantasie auch den Gedankenlauf störe und die Selbstbeobachtung dasselbe zeige. Es wäre dann aber zu erwarten, daß bei Entwicklung des Verständnisses das Bild immer der Bedeutung vorausgehe. Dagegen fand *Moore* als weit überwiegende Regel das Gegenteil. daß das Bedeutungsbewußtsein vorausgeht. Freilich spricht er hier von den passenden Vorstellungen, nicht von irgend welchen, die noch immer vorhanden sein können.

Nehmen wir die Vorstellungsarten einzeln, so ist zunächst nicht zu leugnen, daß sich Gedanken ohne die zugehörigen Sachvorstellungen finden. Schon *Binet* fand, daß Gedanken ohne Bilder sehr häufig sind. Beim Hören eines vorgesagten Wortes ist zunächst ein Augenblick, wo man es versteht, ohne noch ein Bild zu haben. Wenn man schnell viele Worte liest, kann man sie gut verstehen, ohne Bilder davon zu besitzen. Viele Sätze werden verstanden, ohne ein merkliches Bild zu liefern. Ja manche Sätze sind überhaupt durch Bilder in keiner Weise wiederzugeben, außer irgendwie symbolisch. Am besten entsprechen dem Laufe unsrer Gedanken noch die Worte; man pflegt wohl zu sagen, daß wir in Worten denken. Indessen kann der Gedanke bestehen bleiben, wenn das zugehörige Wort pathologisch ausgefallen oder gerade vergessen ist. Wir sind beständig in der Lage, daß wir beim Sprechen oder Schreiben nach dem passenden Ausdruck erst suchen; da geht also der Gedanke dem Worte voraus, und oft gelingt es uns nicht, die feineren Unterschiede der Gedanken genau wiederzugeben.

Messer bespricht die Gründe für und gegen die Tatsache des vorstellungslosen Denkens. Es ist sicher schwer, die Abwesenheit aller Vorstellungen beim Denken experimentell zu beweisen. Auch scheint es auffallend, daß sonst nicht solches vorstellungslose Denken häufiger wäre, wenn es überhaupt möglich ist. Denn die Entwicklung geht überall auf Entlastung des Bewußtseins. Ferner müßten dann die Denkakte nach ihrem Inhalt als unendlich zahlreich angenommen werden, für jedes mögliche Objekt eigene; das scheint aber mit der beobachteten Einförmigkeit der Denkakte nicht zu stimmen. Jedenfalls liegt es näher, zu sagen, daß die Gedanken erst durch Verschmelzung mit Vorstellungen so stark auseinander gehen. Weiter sind bei der Ausbildung der Denkfähigkeit die Wahrnehmungen sicher unentbehrlich; da ist es nicht wahrscheinlich, daß sie nachher überflüssig sein sollten. — Immerhin sind diese Gründe nicht einfach entscheidend. Es könnte sein (und scheint wirklich so), daß die Wort- und Sachvorstellungen wenigstens das Denken erleichtern, die Aufmerksamkeit besser festhalten; dadurch wäre ihr Beibehalten auch später völlig gerechtfertigt. Die Einförmigkeit der Denkakte könnte auch etwas nur Scheinbares sein. Auch in Fällen reinen Denkens können wir nachher sagen, was wir gemeint haben. Es kann also derselbe Inhalt mit und ohne Vorstellungen von uns erfaßt werden. — Es ist nicht als einfache Begleitung durch Vorstellung aufzufassen, wenn, wie häufig, in den Denkakt sinnliche Elemente als

Material eingehen. Wenn wir übrigens als begleitende Vorstellungen nicht bloß diejenigen nehmen, die einigermaßen vollkommene Übersetzungen des Gedankens sind, sondern auch andere mit nur entfernter Verwandtschaft, so ist zuzugeben, daß solche wohl nie fehlen und in diesem Sinne die Verbindung notwendig sein wird.

Die Gedanken haben im Gegensatz zu ihrer sinnlichen Begleiterscheinung die Eigentümlichkeit, daß sie „wahrnehmungsflüchtig“, unanschaulich sind. Hierauf beruht es, daß das Vorkommen der Gedanken als etwas Eigenes so häufig geleugnet wurde. Man spricht allerdings bisweilen auch von anschaulichem, intuitivem Denken, daß der Geometer in Figuren denke usw. Aber da sind das Anschauliche nur die mit den Denkakten verschmolzenen Vorstellungen. Das eigentliche Denkelement, das Vergleichen und Unterscheiden bleibt durchaus unanschaulich.

§ 5. Einige Grundeinteilungen des Denkens.

Die Hauptklassen sind jedenfalls der Begriff und das Urteil, um die sich die andern Erscheinungen am besten ordnen lassen.

1. Der Begriff, die Idee. Die Begriffe sind häufig allgemein, wie Kreis, Pferd, Hochmut, obwohl man auch durch geeignete Verbindung von ihnen ein Individuum bezeichnen kann: der Individualbegriff. Ein allgemeiner Begriff enthält ein Merkmal oder einen Komplex von Merkmalen mit dem Bewußtsein, daß sie verschiedenen Objekten zukommen können. Das Merkmal kann konkret, anschaulich sein, wie rot, ausgedehnt, Haus, laufen; oder aber abstrakt, wie Herrschaft, Gerechtigkeit. Der Begriff kann mit einer Vorstellung gleichen Inhalt haben, wenigstens wenn es sich um einen konkreten, anschaulichen Gegenstand handelt; man kann „rot“ sehen und denken, letzteres, indem es etwa in ein Urteil eingeht. Das allgemein gefaßte „Haus“ ist keine bloße Vorstellung mehr, wenn auch gleichzeitig eine mehr oder weniger deutliche Vorstellung als stützende Begleiterscheinung vorhanden sein mag.

Es ist kein sachlicher Gegensatz, wenn einige das Wort „Vorstellung“ in allgemeinerem Sinne gebrauchen, fast zusammenfallend mit der Erkenntnis eines einzelnen Inhalts, die dann die anschauliche und die unanschauliche Vorstellung unter sich befaßt. So bei *Kreibig* (Die intellektuellen Funktionen, 1909). Als Begriff verlangt eine unanschauliche Vorstellung nach vielen noch die Verbindung mit einem Wort oder sonstigen festen Symbol. Nur entsteht die unanschauliche Vorstellung nicht schon dadurch, daß die Aufmerksamkeit einige Merkmale des konkreten Gesamtinhalts stärker betont, was auch in der anschaulichen Vorstellung geschehen kann, sondern erst dadurch, daß diese Merkmale für sich zum Inhalt eines Aktes gemacht werden, zur Entdeckung von Ähnlichkeiten dienen usw. Der Klarheit halber empfiehlt sich dieser weitere Sprachgebrauch des Wortes „Vorstellung“ für gewöhnlich nicht, wenn man auch nicht ängstlich zu sein braucht, wo der Zusammenhang ein Mißverständnis ausschließt.

Entstehung. Der Allgemeinbegriff entsteht gewöhnlich so, daß man in mehreren Objekten etwas Gemeinsames erkennt, dieses heraushebt und durch das dafür übliche Wort kennzeichnet. So mögen zwei Dreiecke in Größe der Seiten, Verhältnis der Winkel, Farbe des Hintergrundes usw. verschieden sein. Es fällt aber vielleicht auf, daß beide aus drei geraden Linien bestehen. Dieses Merkmal trennen wir im allgemeinen Begriff des Dreiecks. Solche Begriffe bildet schon das gewöhnliche, unwissenschaftliche Denken in größter Zahl und legt sie in der Sprache nieder.

Der naturwüchsige Begriff des Kreises ist etwa die im wesentlichen gleichmäßig runde Figur von mäßiger Ausdehnung, wie sie beim natürlichen Gebrauch des Wortes vorlag. Der wissenschaftliche Begriff dagegen ist in der geometrischen Definition gegeben. Er faßt die Merkmale schärfer, hält sie konstant fest, vereinigt sie in zweckmäßiger Weise nach wissenschaftlichen Regeln. *Müller-Freienfels*: Manche Begriffe schließen Tätigkeiten ein, wie die Zahlenbegriffe das Zählen. Einige Begriffe werden in eigener Anschauung erworben, sehr viele andere dagegen aus der Sprache erlernt und dann angewandt. Es handelt sich um Relationsbegriffe, wenn *James* von den Gefühlen des „Aber", des „Wenn" spricht. Man begleitet solche Partikeln, wie „doch", „immerhin", mit verschiedenen innern Gesten, einer oft deutlichen motorischen Innervation. Die ideale Begriffserkenntnis ist ein Wissen, kraft dessen wir uns einer Lage gegenüber zurechtfinden, darüber etwas aussagen können. Deshalb verlangt man heute bei der Begriffsbildung Anschauung und arbeitende Betätigung. Man muß es gesehen, damit gearbeitet haben, statt bloß eine Worterklärung auswendig zu wissen. Freilich hat die gute Definition wieder den Vorteil, den wenig scharfen psychologischen Begriff logisch genau zu machen.

Das Hauptmittel für die weitere Ausbildung der Begriffe ist das Trennen und Verbinden. Der Geist kann die Bestandteile eines Komplexes voneinander trennen, was entweder unwillkürlich geschieht durch Bemerken einer Ähnlichkeit oder eine willkürliche Zerlegung bedeutet. Das Bemerken einer Ähnlichkeit ist eine Grunderscheinung des Denkens, die Bedingung jedes beginnenden Verarbeitens des Erfahrungsstoffes. Die wissenschaftliche Zerlegung dagegen geht planmäßig, nach selbstgeschaffenen Regeln vor. Das Trennen faßt Merkmale des Ganzen auf, die einer gesonderten Betrachtung fähig sind, die Zustände, Merkmale, Eigenschaften eines Dinges, die Ausdehnung oder Farbe einer Fläche, die Qualität und Intensität eines Gefühls: das Abstrahieren. Das Zerschlagen der zunächst gebotenen Totalobjekte in Elemente ist bloß dadurch wertvoll, daß diese Elemente schließlich wenige sind, sich überall wiederfinden. Als Ergänzung gehört zum Trennen die Fähigkeit des Vergleichens. Durch Erkenntnis der Ähnlichkeit haben wir die Möglichkeit zur Bildung allgemeiner Begriffe, denen wir die konkreten Objekte unterordnen können. Dadurch ist es dann möglich, die Welt der Gegenstände nach ihren Eigenschaften in Klassen von wachsender Allgemeinheit zu ordnen, sie in den Worten der Sprache zusammenzufassen.

Der Gegensatz der trennenden ist die verbindende Tätigkeit des Denkens, sei es das Erfassen der Einheit in den vorliegenden Dingen oder der Aufbau neuer, nicht wahrgenommener Einheiten: das Zusammenfassen räumlicher Strecken in einer Gesamtstrecke, die Vereinigung der Eigenschaften, welche ein Heilmittel ausmachen, das unmittelbare Erfassen des Wahrnehmungsobjektes als einer in der Wirklichkeit gegebenen Einheit, der Aufbau des Dinges, der Vorgänge usw. Übrigens ist nicht jeder zusammengesetzte Erkenntnisinhalt erst nachträglich durch Vereinigung entstanden. *James*: Die Qualitäten sind nicht zuerst gegeben und werden dann zu Wahrnehmungen zusammengefaßt, sondern es fängt immer mit dem Ganzen an, das aufgeteilt werden muß. Die einfachen Empfindungen sind Abstraktionen, Erfolge der Unterscheidung. Das Objekt wird dann ganz anders aufgefaßt. Der Gesamteindruck bleibt so lange unzerlegbar, als seine Elemente nicht irgendwo gesondert oder in andern Verbindungen erlebt werden. So wird die Farbe aufgefaßt, indem dasselbe Objekt bald mit dieser bald mit jener Farbe gesehen wird. Der Akt des Heraushebens ist die Abstraktion.

2. Das Urteil. *Meinong* findet als allen Urteilen gemeinsam, daß ein bestimmter Tatbestand behauptet wird, der in gegebenen Vorstellungen gedacht ist. Der vom Urteil erfaßte Tatbestand besteht darin, daß einem

gegebenen Sein (dem Subjekt) eine Beschaffenheit oder ein Beziehungsverhältnis (das Prädikat) zukommt oder nicht zukommt. Nach den Versuchen von *Messer* war psychologisch das wesentliche Merkmal des Urteils, daß eine prädikative Beziehung zwischen Reiz- und Reaktionsvorstellung anerkannt wurde. Die Kopula fehlte oft, ohne daß der Urteilscharakter ausfiel. Die bloße Beziehung zweier Worte genügte nicht, es mußte diese Beziehung erst ausgesagt werden, gemeint sein. Ein Beobachter verlangte für das Urteil das aktive Zusammenfassen. Beim Urteilserlebnis ist das Bewußtsein der Aktivität vorhanden.

Müller-Freienfels: Die Sätze bekommen ihren ganzen Sinn erst durch den Zusammenhang, auch durch die Person, an die man sie richtet. „Die Rose blüht“ kann ein Wahrnehmungsurteil über eine einzelne Rose sein oder ein allgemeines Urteil des Naturforschers über diese Gattung. Das Urteil ist eine Handlung. Manche sprechen von einer Verbindung von Vorstellungen, ohne zu sagen, warum diese vollzogen wurde. Die Erkenntnis ist aber nicht Selbstzweck, sondern durch Gefühle und Triebe bestimmt. Auch wenn man der Wissenschaft wegen forscht, wirkt der damit zusammenhängende Affekt. Das Urteil läßt sich nicht in Vorstellungen und Begriffe auflösen, obwohl es dieselben als Material einschließt. Die Behauptung tritt zum Vorstellungsstoff hinzu und ist eine unableitbare Denkleistung (*Kreibig*). Die psychische Tätigkeit im Urteil bedingt übrigens nicht, daß das Urteil ein Willensakt sei. Gewiß wird etwas gewollt; aber der Gegenstand des Wollens ist das Urteil selbst, die intellektuelle Anerkennung von Beziehungen. Intensität im Sinne der Empfindung kommt dem Urteil nicht zu, wohl aber Klarheit, Evidenz, allgemeiner ein Zuverlässigkeitsgrad, dessen Grenzfälle einerseits die höchste Evidenz und anderseits das ganz unsichere Fürwahrhalten sind. Man spricht beim Urteil auch von einer Qualität, die zwei Bestimmungen hat, die Bejahung und Verneinung eines Tatbestandes. Psychologisch stellt sich das verneinende Urteil bisweilen als ein Urteil über ein (Versuchs-) Urteil dar, nämlich als dessen Verwerfung. Aber auch beim bejahenden Urteil kann es vorkommen, daß solche zwei Stufen unterschieden werden. Die Bejahung wird als besonderes Erlebnis nur dann festgestellt, wenn sich dem Urteil zunächst Hemmungen entgegenstellen.

Nach der Art des Auftretens unterscheidet *Messer* das Neuurteil und das Reproduktionsurteil; letzteres verlangt keine neue Prüfung seiner Wahrheit, sondern nur Erinnerung daran, daß es als sicher erkannt wird. Je mehr die Reproduktion überwiegt, desto mehr tritt die Eigentätigkeit, das Suchen, Besinnen, Prüfen, zurück. Bei einem gut eingeübten Urteil kann es kommen, daß sich das Erlebnis von einer rein assoziativen Reproduktion wenig unterscheidet. Ähnlich ist der Unterschied zwischen eigenem und entlehntem Urteil; im entlehnten ist der Urteilscharakter abgeschwächt; die Versuchspersonen sind dann oft unentschieden, ob ein Urteil vorlag. Das vorbereitende und das Endurteil: das vorbereitende läuft oft sehr schnell ab, erscheint subjektiv vielfach als Vorstellung. — Je nach dem Eingreifen von Willen und Gefühl unterscheidet man auch theoretische und praktische Urteile. Das Fürwahrhalten kann begründet sein durch die Autorität der allgemeinen Meinung, durch Hoffnung, Schrecken vor dem Gegenteil, die Ansicht, es sei Pflicht, seiner Partei unter allen Umständen treu zu bleiben. Bei weniger klarem Bewußtsein des Sachverhaltes spricht man wohl von Gefühl (in uneigentlichem Sinne). Bisweilen greifen

Wille und Gefühl in die Urteilsbildung ein. Es wird etwa ein Teil der Gründe ferngehalten, mit dem Gedanken, daß dadurch kein Fehler zustande kommt.

Eine häufige Teilung berücksichtigt die Art, wie die Gegenstände des Urteils gegeben sind, Wahrnehmungs-, Erinnerungs-, Benennungsurteil usw. (*Witasek,* Grundlinien). Schon in der Wahrnehmung selbst steckt oft der Glaube an die wirkliche Existenz des Wahrgenommenen. Wer Nebel oder Schnee sieht, meint, daß er existiere. Vorstellung und Urteil ist da auf dasselbe Objekt gerichtet. Das eigentliche Wahrnehmungsurteil besagt nur die Existenz des in der Wahrnehmung unmittelbar Dargestellten, ohne Vergleich mit andern Gegenständen, ohne Einordnung in eine Klasse, ja selbst ohne Benennung. Es ist deshalb kaum sprachlich auszudrücken. Die meisten Empfindungen sind freilich nicht Wahrnehmungen in diesem Sinne. Auch die innern psychischen Zustände können Gegenstände von Wahrnehmungsurteilen werden.

Die Erinnerung ist keine bloße Reproduktion; erst wenn man glaubt, im Gegenstand einer Vorstellung ein vergangenes Erlebnis vor sich zu haben, hat man Erinnerung. Sie schließt also ein Erinnerungsurteil ein. Das bewährt sich auch im negativen Erinnerungsurteil: Das habe ich nicht gesehen. Zu letzterem kommt es besonders, wenn die Vorstellungen zunächst wegen ihres Zusammenhangs für Erinnerungen genommen waren und nachträglich besser erkannt werden. Auch Wiedererkennen und Benennungsurteil sind häufig mit dem Wahrnehmungakt verbunden, besonders wenn man ausdrücklich Genauigkeit verlangt.

Die Relationsurteile sind Urteile, welche über Bestehen oder Nichtbestehen von Gleichheit, Verschiedenheit, Ähnlichkeit oder einer andern Beziehung aussagen, z. B. wenn man einen Ton höher als einen andern erklärt.

Die Annahme liegt nach *Meinong* zwischen Vorstellung und Urteil in der Mitte als ein Satz, dessen Bejahung oder Verneinung ein Urteil ausmachen würde, ohne daß es zu dieser Entscheidung kommt. Sein Inhalt ist z. B. ein Daßsatz: „Daß die Erde eine Scheibe ist", welcher erst durch ein ergänztes „Es ist unrichtig" ein wahres Urteil würde. Das „sich etwas denken" ist oft eine Annahme ohne Überzeugung, ja mit dem Bewußtsein der Ungültigkeit. Die Annahme kann auch die Form eines gewöhnlichen Urteils haben, das gelesen oder gehört wird, worauf aber vorläufig noch nicht eingegangen wird. So sind die Äußerungen eines andern für den Zuhörer zunächst Annahmen. Ebenso der Inhalt von Dichtungen, bei denen man im einzelnen nicht zu einer Stellungnahme übergeht. Auch eine Frage drückt eine Annahme aus, ebenso jede Hypothese. Man kann Schlußfolgerungen auf Annahmen stützen, um etwa durch Prüfung derselben über die Wahrheit der Annahme zu entscheiden. Man hat die Annahme bisweilen auch ein Versuchsurteil, ein geltungsloses Urteil genannt. Natürlich ist es in Wirklichkeit kein Urteil, sondern ein Begriff, die Vorstellung eines Tatbestandes; es fehlt das dem Urteil wesentliche Überzeugungsglied. Die Annahmen sind im Gegensatz zum Urteil unsrer Willkür unterworfen. Das ganze Phantasiegebiet gehört zu den Annahmen.

Bei den ersten Gedankenforschungen spielten die Bewußtseinslagen eine große Rolle. *Mayer* und *Orth* bezeichneten damit nach einem Vorschlag *Marbes* die nicht weiter zerlegbaren Inhalte, z. B. einer Bedeutung, den Zustand des Zweifels, des Suchens, die Erinnerung, daß man in Sätzen antworten soll. In ähnlichem Sinne verwendet *Messer* das Wort, indem er z. B. die Bewußtseinslagen logischer Beziehungen untersucht. *Bühler* schränkte den Begriff ein, indem er die Gedanken als eigene Klasse daraus entfernte und die Bewußtseinslagen auf anschauliche Erlebnisse zuständlicher Natur einengte, denen der Charakter der (vorläufigen) Unzerlegbarkeit zukomme. *Titchener* versucht die Bewußtseinslage in verschiedenartige Empfindungen

aufzulösen, wie Gesichtsbilder, innere Sprache, kinästhetische und organische Empfindungen. — Nach unsern bisherigen Ausführungen ist dieser Begriff für uns entbehrlich geworden, da die wichtigsten Fälle der Bewußtseinslagen im Sinne *Marbes* mit den festgestellten Gedankenelementen zusammenfallen.

Siebtes Kapitel.

Wahrnehmung und Vergleichung.

§ 1. Gegenseitige Beeinflussung der Empfindungen.

Literatur. *Ranschburg,* Über die Wechselwirkung gleichzeitiger Reize im Nervensystem und in der Seele, in ZPs 66 (1913) 161 ff.; 67 (1913) 22 ff. — *H. Henning,* Versuche über die Residuen, in ZPs 78 (1917) 198 ff.

1. Hemmung und Bahnung. Nach *A. Lehmann* (Psychophysiologie) gilt für die Beeinflussung das Gesetz: Gleichzeitige Erregungen hemmen sich, aufeinanderfolgende bahnen sich. Die Hemmung hatte schon früher *Heymans* nachgewiesen. — Der Schwellenwert eines Schallreizes wird erhöht, wenn gleichzeitig elektrisch gereizt wird; ein graues Papier, das eben noch gesehen werden kann, wird bei gleichzeitiger elektrischer Reizung unsichtbar. *Lehmann* findet sein aus allgemeineren Erwägungen hergeleitetes Hemmungsgesetz (vgl. S. 69) durch die Resultate auch zahlenmäßig bestätigt. Treffen die Reize dasselbe Sinnesorgan, so kann man an eine Beeinträchtigung in diesem denken. Sonst ist nach ihm die Erklärung darin zu suchen, daß jede sog. einfache Empfindung in Wirklichkeit Nebenempfindungen anderer Art einschließt, bei deren Fehlen die Hauptempfindung an Stärke verliert. So ist das Prickeln auf elektrischen Reiz hin so eng mit dem Schall verbunden, daß man es zu hören glaubt; die Hörsphäre wird mithin von der Tastsphäre miterregt. Starke Schmerzen sind fast immer von Muskelempfindungen begleitet und hemmen deshalb die willkürlichen Bewegungen, wie das Ergogramm zeigt.

Die Bahnung aufeinanderfolgender Reize ist im selben Sinnesgebiet besonders auffallend. Wenn zwei Reize derselben Art und Stärke kurz aufeinander folgen, scheint der zweite regelmäßig stärker als der erste. Die Größe der Wirkung hängt von Intervall, Temperatur, Übung, Individualität und Aufmerksamkeit ab. *Lehmann* fand auch hier bei Schallversuchen sein allgemein abgeleitetes Bahnungsgesetz bestätigt.

Anwendung auf den Tastsinn. Die Tatsachen der Beeinflussung wurden schon früher beschrieben (S. 347). *v. Frey:* Werden zwei Druckpunkte möglichst gleich stark gereizt im Abstand nahe ihrer Simultanschwelle, so tritt bei schwachen Reizen Verschmelzung in eine Empfindung ein; bei größerer Entfernung werden die Punkte unterschieden, aber ihr Abstand unterschätzt; bei ungleicher Reizstärke erfolgt Verschmelzung, oder der schwächere wird gegen den stärkeren herangezogen. Sind die Reize in leicht unterscheidbarem Abstand und wird der eine verstärkt, so erscheint auch der andere verstärkt, verschmilzt mit ihm leichter zu einem Breiteneindruck oder erscheint wenigstens näher gerückt. Der schwächere Reiz wird dabei stärker abgelenkt. Eine Strecke von 20 *cm* konnte so auf 2—3 *cm* geschätzt werden. *R. W. Schulte* (PsSd 10 [1917]): Bei geringem zeitlichen Abstand wirkt der Neben-

reiz auf den Normalreiz verstärkend, um so mehr, je weniger die Reize sich zeitlich und räumlich trennen lassen und je größer die Stärke des Nebenreizes ist. Wenn der stärkere Nebenreiz 2″ früher einsetzt, wirkt er eher schwächend; bei immer kleinerem zeitlichen Abstand aber wächst der Normalreiz bis auf das Doppelte an. Die Beachtung der Nebenreizung erhöht seine Summationswirkung. *v. Frey* und *Pauli:* Der Nebenreiz vergrößert die Intensität des Hauptreizes, dagegen vermindert er dessen Deutlichkeit; Haupt- und Nebenreiz zeigen Neigung zur Verschmelzung. Die Verschmelzung ist dabei ein zeitlich verlaufender Prozeß. Die Zweiheit wird etwa nur im Moment des Aufsetzens der Reize gefühlt, nachher geht der Eindruck in den einer Linie oder eines Punktes über.

Den Einfluß auf die Lokalisation hatte schon *Pearce* erkannt, indem ein Nebenreiz den nahen Endpunkt einer Taststrecke zu sich heranzog, wachsend mit der Nähe. *Buchholz* findet dasselbe (PsSd 9 [1914]) für einen Vorreiz, der in der Nähe den Normalreiz anzieht, was mit wachsender Entfernung abnimmt und in Kontrastwirkung übergehen kann.

Anwendung auf das G e h ö r ist die Verschmelzung bei gleichen oder ähnlichen Tönen. Gleichzeitige gleichhohe T ö n e werden nicht unterschieden, wenn nicht die Tonquellen räumlich sehr geschieden sind; trotzdem verschmelzen sie auch im letzteren Falle, wenn auch daneben unterscheidende Merkmale wahrgenommen werden. *Schäfer* und *Guttmann* fanden die Zweiheitsgrenze für gleichzeitige Töne bei 10 bis 20 Schwingungen Differenz; auch bei sich folgenden Tönen ist die Verschmelzung deutlich.

Die Angleichung in der Tonhöhe bemerkt schon *Stumpf.* Wenn zu *e* der Ton *A* tritt, wird *e* scheinbar erniedrigt (genähert); die Täuschung schwindet, wenn man die Aufmerksamkeit auf dem alten Tone ruhen läßt. Angleichung kann man es auch nennen, wenn man in der siamesischen Musik die gewohnten Intervalle hineinhört. *Maria Tittel* (ArGsPs 41 [1921]) stellt die Größe der Abstände fest, indem nach einem einstellenden Ton von 4″ Dauer sofort ein ebenso lang dauernder Hauptton folgt. Bei kleinen Intervallen fand sich Angleichung, um etwa 8 Schwingungen bei Sekunde und Terz, die bis zur Quart oder Quint allmählich sinkt, nachher wieder etwas ansteigt, in der Nähe der Oktave in Kontrast umschlägt. Bei musikalischen Versuchspersonen ließen harmonische Intervalle den Kontrast nicht aufkommen, wohl aber verstimmte. Die Veränderung blieb bestehen, auch wenn die Töne auf beide Ohren verteilt wurden. Die Angleichungswirkung ist größer als die Kontrastwirkung, die jenseits der Oktave für alle Intervalle ziemlich gleich groß ist. Daß der Kontrast sich aus der Angleichung entwickelt, wenn der Unterschied eine gewisse Größe überschreitet, ist eine Erscheinung, die auch auf optischem Gebiet besteht, nach *Pearce* auch beim Tastsinn bei Beeinflussung der Lokalisation.

2. D i e *R a n s c h b u r g*s c h e H e m m u n g. In seinen ersten Versuchen 1902 fand *Ranschburg,* daß kurz dargebotene Zahlenreihen von etwa sechs Gliedern leichter richtig behalten wurden, wenn alle Glieder verschieden (h e t e r o g e n e R e i h e n), als wenn zwei Glieder darin gleich waren (h o m o g e n e R e i h e n). Er nimmt an, das Gleichartige strebe zur Verschmelzung, es entstehe deshalb nur e i n e Empfindung statt der zwei gebotenen; an die Stelle trete eine Lücke, die vermutungsweise ausgefüllt werde. *Ranschburg* glaubt aus diesem Grundsatz viele Fälle von Verschmelzung erklären zu können, wie die Lücken der Auffassung, das Vergessen als Verschmelzung immer ähnlicher werdender Inhalte.

Aall (ZPs 47 [1908]) findet auch den Fehler in homogenen Reihen im ganzen größer, aber nicht bei allen Beobachtern, auch nicht, wenn die Reihe in Doppellinie geschrieben war, oder die gleichen Elemente sich unmittelbar folgten. Ferner

geht die Verschmelzung nicht auf die Empfindung. Oft waren bei kürzesten Zeiten alle Glieder erkannt oder wenigstens alle gesehen worden, nie eine Lücke im Gesichtsfeld, vielmehr wird nur die Auffassung erschwert. Das zweitidentische Element erscheint schwerer, wird oft nicht erkannt oder schnell vergessen. Bisweilen scheut man eine doppelte Reproduktion, weil man meint, das hätte auffallen müssen. — *A. J. Schulz* (ZPs 52 [1910]) kommt sogar zu scheinbar entgegengesetzten Tatsachen: Waren die Elemente der Reihe Farben oder Formen, so waren die homogenen Reihen im Vorteil, besonders wenn die gleichen einander nahe standen. Die Verdoppelung erscheint vielen als Erleichterung, wobei die gleichen Glieder gleichzeitig auffallen. Es ist in solchen Reihen weniger aufzufassen. *Schulz* sieht den erklärenden Unterschied beider Fälle in der Auffassungsart: Bei Buchstaben und Zahlen sind die Namen stark assoziiert und werden aus Gewohnheit von links nach rechts durchlaufen, also nacheinander aufgefaßt, was beides das gleichzeitige Auftreten der gleichen Glieder hemmt. Dagegen herrschte bei den Farben und Formen gleichzeitige Auffassung. Dazu mag kommen, daß wenn die Gleichheit nicht bemerkt wird, die gleichen Bilder oder Formen sich verschmelzen. — Auch *Ernst Meyer* (UntPsPh 1 [1911]) bestätigt in eigenen Versuchen mit simultaner Assoziation (wobei die sukzessive ausgeschaltet war), daß dann keine assoziative Hemmung auftritt (worüber später), sondern vielmehr eine Förderung. — *Ranschburg* macht in seiner Nachprüfung die Tatsache der Hemmung weiter besonders eindringlich, indem er die Elemente nacheinander darbot. Unter gewissen Bedingungen wurden heterogene vierstellige Reihen leicht und fehlerlos aufgefaßt, homogene von der Form *abbc* dagegen regelmäßig als dreistellig. Es trat also restlose Verschmelzung ein. Auch bei Farben ließ sich unter geeigneten Umständen eine homogene Hemmung nachweisen, ebenso bei Figuren.

Henning bestätigt, daß bei homogenen Reihen nicht wirklich die Empfindung ausfällt, selbst bei enger, räumlicher Anordnung, bei auslöschendem Reiz, bei Ermüdung, wo immer nur das Erkennen leidet. Wird die Zahl in zwei Gruppen gelesen, so schadet die Gleichheit der Elemente nicht mehr, da die ganzen Gruppen nun verschieden sind. Kommt in der Zahlenreihe ein einzelner Buchstabe vor, so müßte er nach *Ranschburg* als besonders unähnlich besonders gut erkannt werden. In Wirklichkeit wird er nicht erkannt, da die Erwartung nicht auf ihn eingestellt ist. *Henning* bringt als eigene Erklärung, daß das zweitidentische Glied dasselbe Residuum erwecke, das sich dann in einem Refraktärstadium befinde (d. h. vorübergehend unerregbar sei). — Indessen ist diese Eigenschaft von Assoziationen sonst nicht bekannt. Es könnte ja sonst die Erkenntnis eines länger fixierten Objektes nicht eine Sekunde lang festgehalten werden, was doch nie behauptet wurde. — Nach *Lorenz* zeigt auch der Bewußtseinsumfang Abhängigkeit von der Gleichartigkeit der Reize. Es wurden Paare aus je zwei Strichen zur Größenvergleichung geboten. Mit der Vermehrung der Paare nahm natürlich die Präzision ab. Wählte man statt ihrer heterogene Elemente, so war die Leistung relativ besser. — *Pikler* fügt den Erklärungen noch bei: bei sukzessivem Durchlaufen treten die gleichen Elemente nicht so hervor, weil die Gewöhnung an die Verschiedenheit die Anpassung an das gleiche hemmt. Wenn etwa in einem Satz derselbe Anlaut öfter wiederkehrt, ist das bei gewöhnlicher Einstellung auf Verschiedenheit eine Hemmung. Ist man dagegen auf Alliteration eingestellt, so wird das sogar zur Erleichterung, und der betreffende Redeteil wird stärker wiederholt. Aus der Einstellung auf Verschiedenheit erklärt sich auch das Verwechseln des zweitidentischen Gliedes mit ähnlichen, daß es weniger reell erscheint, undeutlicher ist.

Zur Erklärung. Nach allem steht die Tatsache fest, daß bei Elementen, die der Reihe nach durchlaufen werden (beim Lesen, Sprechen,

Schreiben also), gleiche Elemente, die nicht sofort als solche erkannt werden, die Auffassung erschweren, dazu neigen, bei der Reproduktion ausgelassen und durch anderes ersetzt zu werden. Bei gleichzeitiger Auffassung ist das nicht der Fall oder gilt gar eine Erleichterung der Auffassung. Die Erschwerung liegt nicht in der Empfindung, sondern betrifft die Wahrnehmung, den Erkenntnisvorgang. Sie erinnert an die assoziative Hemmung, wonach eine Folge *A B* eine später kommende Folge *A C* schwerer erlernen läßt. Die aus der überwiegenden Mehrzahl der Fälle fließende Erwartung, neue Elemente zu treffen, kommt dazu, bewirkt deshalb bei unerwartet angetroffenem gleichen Glied Stocken, Undeutlichkeit usw.

§ 2. Die Sekundärempfindungen.

Literatur. *R. Hennig,* Entstehung und Bedeutung der Synästhesien, in ZPs 10 (1896) 183 ff. — *Lemaitre,* Un cas d'audition colorée hallucinatoire, in ArPs (f) 3 (1904) 164 ff. — *Wallaschek,* Psychologie und Pathologie der Vorstellung, 1905. — *Wehofer,* Farbenhören bei Musik, in ZAngPs 7 (1913) 1 ff. — *Bleuler,* Zur Theorie der Sekundärempfindungen, in ZPs 65 (1913) 1 ff. — *Langenbeck,* Die akustisch-chromatischen Synopsien, in ZPs II 47 (1913) 159 ff.

1. Beschreibung der Synopsien. Manche Reize rufen neben ihrer „richtigen" Empfindung noch eine zweite Sinnesempfindung in einem andern Sinnesgebiet hervor. Bei der Reizung des Darmes werden manchmal Geruchsempfindungen berichtet, oder Kitzel in der Nase, Ohrensausen. Der Vermittler ist der Vagus. Etwas Ähnliches ist die Gänsehaut bei schrillen Tönen usw. Allgemein spricht man von Synästhesien; wenn die sekundäre Empfindung optisch ist, von Synopsien, Photismen usw. *Fechner* teilte als einer der ersten mit, daß ihm der Vokal *e* gelb erscheine, *a* weiß, *u* schwarz usw., der Trompetenton rot, der Flötenton blau. 1873 berichtete *Nußbaumer* die Erscheinung des „Farbengehörs", wie sie seitdem oft genannt wurde, von sich selbst, fand damit aber zunächst wenig Glauben. Aber die Beobachtungen häuften sich in der Folge; gesammelt wurden sie von *Bleuler* und *Lehmann, Galton, Flournoy* und andern. *Wehofer* gibt an, daß etwa bei $^1/_8$ aller Menschen sekundäre Empfindungen irgend welcher Art vorkommen.

Beispiele: Besonders stark war das Farbenhören im Falle *Gruber* ausgebildet. Der Betreffende, ein Rumäne, sah *a* rein weiß, *e* gelb, *i* blau usw.; auch die Konsonanten waren mit Farben verbunden; bei ganzen Worten bekam das Gesamtwort eine Gesamtfarbe, durchsetzt mit vertikalen Strichen, welche die Farben der einzelnen Buchstaben zeigten. Die Zahlen besaßen Farben in scharf begrenzten geometrischen Figuren, welche auf die Wand entworfen, auf *mm* genau abgemessen werden konnten und sich auch dort mit den objektiven Farben mischten. Bei *Langenbeck* tritt der Farbeneindruck beim Klang eines Wortes deutlich auf, bei Vorstellung undeutlicher. Als Kind machte er sich wohl im lateinischen Unterricht das Vergnügen, über den Text hinzulesen und sich an den kaleidoskopischen Farbeneindrücken zu ergötzen. Die Farben sind gewöhnlich bei derselben Versuchsperson konstant; im Falle *Lemaitre* dagegen wechselten sie stark, sowohl nach der sprechenden Person wie nach der Zeit. Im Falle *Colmann* hatte der Betreffende nur bei Vokalen Farbenempfindungen, bei Konsonanten dagegen Vorstellungen, die dazu wechselten.

Die Photismen werden im Verlauf des Lebens allmählich blasser. *Flournoy* unterscheidet nach der Entstehung drei Klassen: die affektiven (wo das Entscheidende die Gemeinsamkeit des Gefühles ist), die habituellen (wenn z. B. die Klänge des Klaviers als schwarz-weiß erscheinen), die privilegierten (die sich auf ein bestimmtes Ereignis beziehen, das besonders lebhaften Eindruck machte).

G. E. Müller fügt die Tendenz zur willkürlichen Ergänzung eines vorhandenen Bestandes hinzu. Die Lokalisation der gesehenen Farben ist verschieden: teils im Außenraum, sei es an der Tonquelle oder am Gegenstand, auf dem zufällig der Blick ruht; teils unscharf begrenzt: nach *Bleuler* sind letztere am ehesten mit Regenbogenfarben zu vergleichen, von derselben undeutlichen Lokalisation wie der Ton. Ausnahmsweise kann die Erscheinung störend werden, wie beim Fall *Lemaitre:* im Diktatschreiben war derselbe durch die Farben so geblendet, daß er erst schreiben konnte, wenn der Diktierende eine Pause machte. Wenn beim Schlittenfahren gesprochen wird, ist er in Gefahr, zu verunglücken, weil die Farben ihn den Schnee nicht sehen lassen; im Spiegel kann er sich nicht sehen, während andere sprechen.

2. Sonstige sekundäre Empfindungen. Bisweilen bilden die Farben charakteristische Figuren. So sah eine Dame beim Klang einer Oboe eine weiße Pyramide, um so spitzer, je schärfer der Ton; wenn die Musik erwartet wird, wird die Figur schon etwas vor dem Spiel gesehen. Bei *Wehofer* kamen farbige Formen, deren geometrischer Bau in gesetzmäßiger Beziehung zum musikalischen Bau des Tongefüges zu stehen schien, und zwar bei ihm immer statt der Töne, die sie verdrängen, nicht mit ihnen zugleich. So gab ein Klarinettentriller ein geschlängeltes Zickzackband. Die Farbe der Töne entsprach dabei der Klangfarbe, die Intensität ihrer Stärke, die Helligkeit der Tonhöhe. In einem Stück von Mozart trat im Höhepunkt eines schönen Satzes ein geometrisches Gebilde von unerhörter Feinheit und Pracht auf, von himmlischem Glanz übergossen. Die verbreitetste Darstellung der Töne in Figuren haben wir im Diagramm, auf das wir in der Gedächtnislehre eingehen. — Häufig sind die sekundären Geschmacks- und Geruchsempfindungen beim Sehen einer Speise, die Empfindung von Wärme, die man beim Sehen eines Feuers in einem noch kalten Zimmer hat.

Auch sekundäre Gefühle kommen vor, z. B. an Zahlen geknüpft. Einem erschienen die Zahlen 3, 5, 6, 9 als heiter, 4 als furchtbar (der erste Strich machte da den Eindruck einer drohend geschwungenen Keule). Jede Zahl besaß für ihn einen bestimmten Gesichtsausdruck: gleichgültig, ernst, energisch, schelmisch, zornig usw.; manchmal stammte das Gefühl von Ereignissen, die auf das betreffende Datum fielen. Ein anderer teilte die Zahlen in männliche und weibliche. Solche Sonderbarkeiten machen die Zahlensymbolik der Pythagoreer verständlicher.

Im gewöhnlichen Leben bestehen Anklänge an diese Erscheinungen in den früher besprochenen Empfindungsanalogien wegen Gleichheit des Gefühls (S. 192). Die Metaphern der dunkeln oder spitzen Töne, des scharfen Zischens usw. erkennt der Farbenhörer als gleichwertig mit seinen Photismen. Dazu gehört, wenn ein Kind beim Eintritt in ein dunkles Zimmer mit tiefer Stimme „dunkel" sagt, wenn es kleine Dinge mit hoher Stimme nennt. Die Dichter beherrschen diese Gesetzmäßigkeiten instinktiv: ein blauer, wolkenloser Tag heißt glockenhell; die Liebe faßt man als Feuer, als rot. *Hennig* sah den Grund seines guten Datengedächtnisses in der Form seiner Diagramme nebst der Eigentümlichkeit, daß die Zahlen bei ihm klare Charakterzüge besitzen gleich Personen.

3. Die Erklärung der Synästhesien. Vielfach hat man dafür an physiologische Zusammenhänge gedacht; man verwies auf Mitempfindungen, z. B. den in der Nase gefühlten Kitzel, wenn man in die Sonne schaut, was auf mangelnde Isolierung der betreffenden nebeneinanderlaufenden Nervenbahnen zurückgeführt wird. Besonders die Synoptischen selbst haben oft den Eindruck einer Reflexwirkung und lehnen die Erklärung durch Assoziation ab. *Bleuler* bringt gegen letztere die große Regelmäßigkeit in den Beziehungen der primären und sekundären Empfindungen vor. Seine eigene Annahme ist, daß ganz allgemein ein Sinnesreiz vom Gehirn nicht mit einer einzigen Empfindung beantwortet wird, sondern mit vielen verschiedenen, wovon

nur die gewöhnliche mehr im Vordergrund stehe. Nach *Wallaschek* beruht das Farbenhören darauf, daß die Blutgefäße in der betreffenden Gegend des Gehirns besonders leicht dehnbar sind. Wenn im Falle *Lemaitre* ein Knabe im siebten Lebensjahr nach längerer Fixation der Sonne plötzlich das Farbengehör in höchster Lebhaftigkeit erhält, wie vorher beschrieben, so ist hier die körperliche Verursachung nicht zu umgehen; freilich weist auch hier die Tatsache auf Psychologisches hin, daß nur die menschliche Stimme, nicht andere Geräusche und Töne Photismen liefern.

Die psychologische Erklärung wird schon durch die Ähnlichkeit der Erscheinungen mit den Empfindungsanalogien nahegelegt. Daß assoziierte Vorstellungen Empfindungsstärke annehmen, ist ja nichts Unerhörtes. Farbenempfindungen bei Zahlen sind wohl nur psychologisch verständlich, ebenso die bei Monats- oder Tagesnamen, und doch kann diese Erscheinung an Lebhaftigkeit und Lokalisation jeder andern Synästhesie gleichkommen. Recht häufig richtet sich die Vokalfarbe nach dem Farbennamen der betreffenden Sprache; daher beim Deutschen für *e* das Gelb, für *o* das Rot. *Langenbeck*, der seine eigenen Vokalfarben so erklärt, findet auch privilegierte Fälle darunter; so führt er das Blau des *o* auf die Kornblume zurück. Psychologisch verständlich ist weiter, wenn bei musikalischen Klängen die Farbe des Instrumentes maßgebend ist. *Grillparzer* fand den völlig vergessenen Plan einer Trilogie wieder, als er zufällig Klavierstücke vornahm, die er damals gespielt hatte. Der gleiche Ton kann, je nachdem er als Bestandteil verschiedener Tonarten auftritt, verschiedene Farben wecken, was gegen einen rein physiologischen Zusammenhang spricht. *Hennig* gelang es in manchen Fällen, den Ursprung seiner Diagramme in Erfahrungen der Kindheit nachzuweisen.

§ 3. Die Wahrnehmung im allgemeinen.

Literatur. *Messer*, Die Apperzeption als Grundlage der pädagogischen Psychologie, 1915. — *Lindworsky*, Wahrnehmung und Vorstellung, in ZPs 80 (1918) 201 ff. — *B. Erdmann*, Grundzüge der Reproduktionspsychologie, 1920.

1. Das Wesen der Wahrnehmung.

a) Der Begriff der Apperzeption. Die übliche Bedeutung der Apperzeption wird in der Definition von *G. E. Müller* wiedergegeben: Eine neu auftretende Vorstellung (die apperzipierte Vorstellung) findet durch andere, entweder in Bereitschaft befindliche oder durch sie erst reproduzierte Vorstellungen (die apperzipierenden Vorstellungen) eine Ergänzung oder Deutung oder wird in eine sonstige Beziehung zu irgend welchen bisher gemachten Erfahrungen versetzt. Ich apperzipiere, d. h. deute, verstehe, erkenne, etwa ein gehörtes Geräusch als den Schlag der Hausuhr; da ist die Empfindung ein bloßes Geräusch; aus der Erinnerung tritt hinzu das Bild und der Standort der Uhr, ihr Name, ihre Verwendung usw. Das alles liegt nicht unterschiedslos nebeneinander, sondern das Geräusch wird auf die Uhr als ihre Quelle bezogen usw. Dieselbe Empfindung kann je nach den bereitliegenden Erfahrungen in der verschiedensten Weise aufgefaßt oder apperzipiert werden. Wie verschieden wird das Wort „Wurzel" vom Zahnarzt, vom Gärtner, Mathematiker, Philologen apperzipiert! Die Apperzeption hängt auch von der augenblicklichen Stimmung nicht wenig ab: bei trüber Stimmung wird alles in ihrem Sinne aufgefaßt, trübe Erfahrungen sind dann in Bereitschaft; umgekehrt bei gehobener Stimmung.

Besonders die *Herbart*sche Schule legte auf den Apperzeptionsbegriff großes Gewicht und teilte ihn vom Standpunkt des Pädagogen in viele Klassen. Ursprüng-

lich stammt die Bezeichnung von *Leibniz,* bei dem sie etwa die willkürliche Aufmerksamkeit bedeutet. *Herbart* modelte den Begriff in der eben angegebenen Weise um, die im wesentlichen herrschend geblieben ist. Einige hielten indessen an der Auffassung der Apperzeption als Aufmerksamkeit fest. So besonders *Wundt.* Bei ihm ist die Apperzeption der Vorgang, durch den irgend ein psychischer Inhalt zur klaren Auffassung gebracht wird, d. h. günstiger aufgefaßt (Klarheit), bestimmter von andern Inhalten abgegrenzt wird (Deutlichkeit), im Gegensatz zur Perzeption, die jede sonstige Auffassung von Elementen bedeutet. Die Inhalte, denen die Aufmerksamkeit zugewendet wird, sind im „Blickpunkte des Bewußtseins", die übrigen vorhandenen Inhalte nur im „Blickfelde des Bewußtseins".

b) Die Wahrnehmung. Apperzipiert oder gedeutet werden kann ebensowohl eine Vorstellung als eine Empfindung. Der letztere Fall trifft ungefähr mit dem gewöhnlichen Begriff der Wahrnehmung zusammen. Von der Orange sehe ich die runde Figur, die Farbe; ich ergänze dazu Geschmack, Geruch, verlege in die richtige Entfernung; dazu kommt das Verständnis des Objektes. Wenn in pathologischen Fällen diese Ergänzung ausbleibt, haben wir die Erkenntnisstörung (Agnosie). Besonders einleuchtend ist die Leistung der Deutung bei Karikaturen, wo uns wenige Linien die Objekte mit täuschender Ähnlichkeit vergegenwärtigen. Bei dieser Ergänzung verändert sich übrigens nicht bloß die Auslegung, sondern, wie *Messer* zeigte, oft geradezu das sinnliche Aussehen. Ein Wortklang wird gewöhnlich sofort mit der Bedeutung verstanden; es kann aber sein, daß sich die letztere merklich verspätet. Dann bemerkt man zugleich eine merkwürdige Veränderung im Klange des Wortes. Die Sprache klingt anders, je nachdem man sie versteht oder nicht. In einer fremden Sprache fällt uns z. B. die Melodie stark auf, nicht in der eigenen.

Messer: Eine besonders geläufige Art der Wahrnehmung ist das verständnisvolle Lesen. Im bekannten Wort werden viel mehr Buchstaben aufgefaßt, als bei Fremdworten möglich wäre. Außer den Wortbildern kommt der Sinn des Wortes, etwa mit einer anschaulichen Vorstellung. Überdies halten wir den Sinn des vorherigen gegenwärtig, sonst verlieren wir den Faden. Dazu gesellt sich die selbständige Beurteilung des Gelesenen, wobei wir die Gedanken des Buches durch anderes apperzipieren. Wenn man mit einem Buch, einer Rede rasch fertig ist, so kann es deshalb sein, weil sie nicht viel bieten, aber auch weil man selbst oberflächlich ist, zu wenig apperzipierende Gedanken hat. Für die Apperzeption sind neben den äußern Umständen die innern Gesichtspunkte maßgebend, die man bereitliegen hat. Die Fähigkeit, sich rasch auf Neues einzustellen, ist Schlagfertigkeit. Vom Reichtum der apperzipierenden Massen hängt es ab, ob man in seinem Urteil weitblickend ist.

Lewin (ZAngPs 12 [1917]) führt als Beispiel, wie ein starkes Interesse die Wahrnehmung verändert, die „Kriegslandschaft" an. Die Friedenslandschaft erstreckt sich unbegrenzt nach allen Seiten. Nähert man sich dagegen der Front, so scheint die Landschaft irgendwo aufzuhören, hat ein Vorn und Hinten. Die Gefahrzone setzt später ein als die Grenzzone, verdichtet sich unstetig. Am weitesten zurück liegen einige Gefahreninseln, oft beschossene Wegkreuzungen, vorn liegende Punkte, die leicht einzusehen sind. In der Stellung wird alles zum Gefechtsding: Bodenwellen, Anmarschwege, Flächen, Wälder, Dörfer, als Schutz oder Gefährdung. Die verlassene Stellung wird nachher wieder zur Friedenslandschaft. Die Wege, die bisher ein unbequemer Grund zum Graben waren, sind jetzt wieder Wege, die die Ortschaften verbinden. Der Waldrand, der als Grenze stark betont war, erscheint nun weniger dicht. Wo eine flache Vertiefung als gute Deckung aufgefallen war, sieht man kaum Höhenunterschiede.

c) Zergliederung der Wahrnehmung nach ihrer inhaltlichen Seite. *Ebbinghaus-Dürr* (II, § 70) ordnen die Prozesse, welche die Wahrnehmung auf-

bauen, folgendermaßen: a) Die Auslese: Viele sinnliche Eindrücke der Objekte bleiben unberücksichtigt. b) Die Erweiterung: Zum wirklich Gesehenen treten viele Vorstellungen anderer Sinne hinzu. Die reproduzierten Erfahrungen werden dabei nicht bloß äußerlich an das Gesehene angereiht, sondern „assimiliert", d. h. demselben Objekt als dessen Eigenschaften zuerkannt; ist die eine wirklich, dann auch die andere (*Linke*). c) Die Gliederung: Im Zimmer erscheinen die verschiedenen Objekte als Einheiten einander gegenübergestellt. So heben sich die immer gleichbleibenden Eindrücke allmählich aus dem anfänglichen Empfindungskontinuum heraus. Was immer zusammen erlebt wird, ist schwer zu zerlegen, wie das Gemeingefühl, die Klangfarbe. Der Ausdruck „Verschmelzung" kann mißverstanden werden, als ob die Glieder zuerst getrennt gewesen wären, während das Erste hier die ungetrennte Mehrheit ist. d) Die Umbildung: Die Wahrnehmung wird auch von den gerade gegenwärtigen Erwartungen mitbestimmt; bei höheren Graden spricht man von Suggestion, Illusion. *Seashore* prüfte die Wahrnehmung der Veränderung eines Reizes. Bisweilen wurde mitten in einer Veränderungsreihe keine Veränderung angebracht und doch von den meisten bemerkt. Anderseits kommen auch Kontrastwirkungen vor. Glaubt man eine schwere Schachtel vor sich zu haben, die in Wirklichkeit leicht ist, so erscheint sie beim Heben noch viel leichter. Beide Erscheinungen gehen auf Einstellung zurück. Ist die Seele auf einen Eindruck eingestellt, so wird ein Reiz, der eine sehr ähnliche Empfindung bewirken würde, zum Eindruck hingezogen, indem die Seele beiden Einflüssen gerecht wird. Weicht dagegen der neue Eindruck stärker von der Einstellung ab, so bewirkt das eine Anstrengung, die weiter weg treibt. *Erdmann* unterscheidet in der Wahrnehmung die Erfahrungszusätze, die nicht selbständig hinzutreten, sondern den Eindruck nur umändern, und die selbständigen Begleiter. Ersteres findet sich bei kurzen Darbietungen von Worten, wo das Erkennen nie fehlte, aber sehr verschiedene Deutlichkeit zeigte. Bei den Leseversuchen war stets der Eindruck, die Wörter unmittelbar und zugleich zu erkennen, ohne Vorstellungen früherer Wahrnehmungen oder Urteile. Daß das Bewußtsein da viel deutlicher ist, als die Sinnesreize erklären, ist das Werk der Gedächtnisbedingungen. Wir erkennen vertraute Worte, Geräusche, Dinge unter Umständen, die dem nicht Eingeweihten das Erkennen unmöglich machen würden. Logisch redet man da von Gattungsbegriffen, denen etwas eingeordnet werde. Psychologisch liegt aber nur eine Verschmelzung vor, durch deren unselbständige Reproduktion sich die Einordnung tatsächlich vollzieht.

Außerdem können auch selbständige Teile die Wahrnehmung ergänzen, Erinnerungen, Einbildungen, abstrakte Vorstellungen, Gefühle: wenn etwa in der Dämmerung den Möbeln ihre Tagesfarbe schwach angesehen wird, wenn zu einem Klange das Bild des Instrumentes hinzugefügt wird. Beim Lesen sind die Lautvorstellungen verschieden ausgebildet, deutlicher bei fremden Sprachen, beim Korrekturlesen, bei dem, der wenig liest. Ein besonderer Fall ist das induktive Denken, das Übertragen vergangener Wahrnehmungen auf zukünftige, solang sich keine Hemmungen ergeben.

Die sinnliche Wahrnehmung ist also keine passive Spiegelung des Objektiven, sondern setzt mannigfache Tätigkeit der Seele voraus. Die praktische Bedeutung dieser Wahrnehmungsprozesse besteht darin, daß so die Dinge nicht mit den Zufälligkeiten und Beschränktheiten des einzelnen Augenblickes aufgefaßt werden, sondern nach ihren dauernden Zusammenhängen, nach ihren gesamten Eigentümlichkeiten und mit Vorwegnahme ihrer zukünftigen Wirkung. Diese zweckmäßige Einrichtung kann in den Sinnestäuschungen dann irreführen.

2. Der Wirklichkeitscharakter der Wahrnehmung. a) Sein Wesen. Was die Wahrnehmung im engeren Sinne besonders beim Menschen von

der reinen Vorstellung bei gleichen anschaulichen Grundlagen trennt, ist ihr Wirklichkeitscharakter, ihre Objektivität, die Überzeugung von ihrer objektiven Wirklichkeit. Das Element der Wirklichkeit wird zum Teil gefühlt; Neurastheniker entbehren es bisweilen.

Der Wirklichkeitscharakter zeigt sich klar in einem ausdrücklichen Urteil. Aber das ist nicht unbedingt notwendig. Schon die Handlung nach der Wahrnehmung setzt diese Überzeugung voraus; ich würde keinen Schritt tun, wenn ich nicht vom Bestehen des festen Bodens überzeugt wäre. Erweist sich dann der feste Boden einmal als nicht vorhanden, so habe ich das Gefühl, mich getäuscht zu haben, gebe also das Bestehen meiner vorherigen Überzeugung zu.

Messer macht für den Unterschied besonders die Intentionalität, das Meinen verantwortlich: Die Objekte unsrer Wahrnehmungen sind nicht die Empfindungen, sondern die physischen Dinge selbst; diese meinen wir, die Empfindungen werden nur erlebt. Die Wahrnehmung ist ein intentionales, auf einen Gegenstand gerichtetes Erlebnis. Ähnlich *Koffka:* Der Inhalt der Vorstellung ist nicht imstande, den Gegenstand derselben darzustellen. Damit ihr Gegenstand gegeben sei, muß vielmehr etwas anderes, nicht Anschauliches dazukommen, nach *Husserl* der objektivierende Akt, der dem Vorstellungsinhalt einen Gegenstand gibt. Das Reale ist in der Wahrnehmung auch zeitlich und örtlich gegenwärtig, während das in der Vorstellung fehlt. — Indessen weiß vom Unterschied des Wahrnehmungsobjektes und Außendinges der gewöhnliche Mensch nichts. Auch besteht das Meinen eines Außendinges nicht bloß für die Wahrnehmung, sondern ebenso für die Erinnerung an ein früher gesehenes verschwundenes Objekt. Der objektivierende Akt hinwieder ist nichts anderes als der Nebengedanke (abgeschwächt: der Eindruck, das „Gefühl"), daß das Objekt wirklich vorhanden ist.

b) Die Entstehung des Wirklichkeitscharakters. *Stumpf:* Die Objektivierung erlangt die Empfindung durch das Erfahren von Täuschungen. *Messer* (1915): Wirklichkeit und Schein entwickeln sich beim Kinde erst allmählich aus einem gemeinsamen Kern, der freilich überwiegend (!) dem Wirklichkeitsbewußtsein entspricht. Deshalb glaubt es an die Märchen, die Traumerlebnisse, die es höchstens in eine eigene Welt verlegt. Seine Kenntnis der Welt und ihrer Gesetze entwickelt sich erst allmählich. Besonders ausführlich *Lindworsky:* Dem Kinde fehlt die Unterscheidung von Wirklich und Nichtwirklich; es hat einfach das Ding vor sich. Erst durch Erfahrung lernt es den Unterschied von Wahrnehmung und Vorstellung und seine Kriterien kennen, zwar nicht unbedingt durchschlagend, aber praktisch genügend; und von da an kommt dem Erlebnis selbst die Note der Zugehörigkeit zur einen oder andern Klasse zu, die sich sofort der Erfahrung anschließt.

Genauer ist nach allem zu sagen: Was dem Kinde vor der Erfahrung von Täuschungen fehlt, ist das ausdrückliche Urteil der Wirklichkeit, da der Anlaß dazu, die Erfahrung, daß es auch Nichtwirkliches, Vorgestelltes gibt, noch fehlt. Im übrigen ist das Wirklichkeitsbewußtsein, wie *Messer* mit Recht bemerkt, durchaus vorhanden, ja nur zu sehr ausgebreitet, alles Vorgestellte noch umfassend. Das sieht man daran, daß das Kind ganz genau so danach handelt, wie später, daß es sich über die erste Täuschung verwundert. Der Anfang ist nicht ein neutraler Zustand, sondern die schon von *Bain* beschriebene „primitive Leichtgläubigkeit", die erst der Belehrung durch Täuschungen bedarf. Auch nach *Stern* ist in frühester Kindheit alles real, was intensiv erlebt wird. Die Entwicklung betrifft nicht die Gewin-

nung der Überzeugung von der Wirklichkeit, sondern ihre Einschränkung, das Zurückschieben der Motive von dem anfänglichen bloßen Erscheinen eines Bildes auf bestimmte Eigenschaften, wie Lebhaftigkeit, Fehlen der Täuschungsquellen, Zusammenhang mit den bekannten Naturgesetzen usw., das Ausschließen des bloß Eingebildeten, des Geträumten, des Vorgespiegelten.

3. Die Entstehung der Wahrnehmung nach ihrer inhaltlichen Seite. a) *James:* Daß verschiedene Empfindungen zur Einheit des Dinges verbunden werden, liegt immer nahe, wenn zwei Sinne gleichzeitige Eindrücke empfangen. So verschmelzen Tastraum und Gesichtsraum miteinander. Bei dieser Verschmelzung gilt oft eine Empfindung mehr als das Ding selbst, während die übrigen Empfindungen als seine Erscheinungsformen gelten. Die ersteren sind die konstanteren und praktisch wichtigeren, z. B. die Härte oder Schwere eines Dinges (seine Masse), die Form des Dinges. Nur wenn wir das Objekt in seiner normalen Stellung sehen, sind wir überzeugt, es zu sehen, wie es ist; sonst sprechen wir von bloßem Schein. *Messer* unterscheidet in der optischen Wahrnehmung beim Herabgehen zu immer kleineren zeitlichen Querschnitten: das Sehding (das Ding, wie es dem Auge gegeben ist), die Sehdingerscheinung (was sich dem Auge jeden Augenblick darbietet), die Anschauung (d. h. das sinnliche Material, das sich bei gleichbleibendem Blick, aber wandernder Aufmerksamkeit bietet), endlich das sinnliche Erlebnis, das auf das Zeitstück von gleichbleibender Blick- und Aufmerksamkeitsrichtung kommt. — *Baade* (Gött. Gelehrte Anz. 1916, 57 ff.) führt diese Scheidung in umgekehrter Folge sorgfältiger durch. Bei ruhendem Objekt ist uns das sinnliche Erlebnis der Bestandteil der Wahrnehmung, der sich bei gleicher Blick- und Aufmerksamkeitsrichtung bietet, also in der Ruheperiode; diese mag leicht 1″ dauern und mindestens beim Lesen 0,2—0,3″; darin ist das sinnliche Erlebnis immer dasselbe. In der Richtungsperiode des Auges, die 0,05—0,2″ dauert, wechseln dagegen die Reize beständig. Nach manchen ist das Auge dann unempfindlich; vielleicht bestehen auch verschwommene Bilder. Bei noch konstantem Blick, aber wandernder Aufmerksamkeit folgt demnächst die sinnliche Anschauung; sie besteht aus Ruhe- und Wanderungsperioden und läßt sich nicht erschöpfend beschreiben. Meist läßt sich nur der räumliche Umkreis angeben, innerhalb dessen die Aufmerksamkeit gewandert ist. Praktisch beschreibt man statt der vielen Einzelheiten lieber eine Verdichtung aller Erlebnisse, die man sehen würde, wenn alles gleichzeitig wäre, was die Aufmerksamkeit durchwandert hat. Für den Naiven erscheint die Verdichtung als wirkliches Erlebnis; er glaubt mehr zu sehen, als im ganz gleichzeitigen sinnlichen Erlebnis. — Die Dingerscheinung ist das, was sich vom Ding in jedem Augenblick voll und ganz darbietet unter Einschluß der Blickwanderung; etwa von einem Gemälde, das man auf und ab gehend betrachtet; auch hier kann man von einer Verdichtung reden. — Im Sehding endlich hat man dasselbe Ding dauernd und von verschiedenen Seiten betrachtet. Eine Sehdingerscheinung ist schwer klar zu machen; die gelegentliche Behauptung, daß dasselbe Objekt von allen Seiten zugleich anschaulich gegeben sei, wurde nach *Baade* nie bewiesen.

b) Experimentelle Untersuchungen über das Werden der Wahrnehmung. *Bartlett* (BrJPs 8): Wurden einfache Figuren kurz nacheinander öfter geboten, so wurden sie möglichst als Ganzes aufgefaßt und ihre Bedeutung gesucht; bei größerer Komplikation wird die Figur dann durchwandert. — *Moore* (The process of abstraction, 1910): Von einer Figur kam der Reihe nach zum Bewußtsein, 1) daß es irgend eine Figur war, ohne daß man angeben konnte, welche. 2) Die Figur konnte mehr oder weniger beschrieben werden: es war eine horizontale, eine symmetrische Figur usw. 3) Die Figur konnte ganz wiedergegeben werden, ohne Sicherheit darüber, wie sie orientiert war; oder 4) endlich. auch die Orien-

tierung war klar. Die Entwicklung ging also nicht vom Besondern zum Allgemeinen, sondern umgekehrt. Natürlich war die visuelle Empfindung vorhanden gewesen, aber es blieb oft nichts von einer visuellen Vorstellung übrig. *v. Wartensleben* (ZPs 64, 321 ff.) untersuchte den Erkenntnis- und Erinnerungsvorgang nach kurzer Darbietung einer Anzahl Buchstaben. Der Erkenntnisvorgang unterschied sich deutlich vom bloßen Sehen; er besteht nicht einfach in der Reproduktion akustisch-motorischer Bilder, es gibt auch rein optisches Erkennen. Auch die Gestalt eines einzelnen Buchstabens kann stückweise klar werden, sich aus einem verschwommenen Fleck entwickeln. Oft wird von einem Buchstaben schon vor der Benennung eine Eigenschaft erkannt, so von *m* und *w* das Gemeinsame der größeren Breite. Beim tachistoskopischen Darbieten von Zeichnungen stellte *Nikitin* eine Reihenfolge geschichteter Eindrücke fest: zunächst war nur das Feld da, heller, wenn die Linien darauf weniger waren; dann wurden die schwarzen Linien bemerkt, aber noch nicht Form und Richtung; es folgte die Form einzelner Linien, dann auch ihre Richtung, darauf klarer einzelne Teile. Sobald eine Spur des ganzen Gegenstandes verstanden wird, verschwinden die Einzelheiten zunächst wieder (ein Wendepunkt); bei weiterer Fortsetzung treten auch die Einzelheiten immer mehr hervor (*Bechterew,* Objektive Psychologie).

§ 4. Die Gestaltwahrnehmung.

Literatur. *Meinong,* Über Gegenstände höherer Ordnung und deren Verhältnis zur inneren Wahrnehmung, in ZPs 21 (1899) 182 ff. — *Schumann,* Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen, in ZPs 23 (1900) 1 ff.; 24 (1900) 1 ff.; 30 (1902) 241 ff. 321 ff.; 36 (1904) 161 ff. — *Höfler,* Gestalt und Beziehung — Gestalt und Anschauung, in ZPs 60 (1912) 161 ff. — *Bühler,* Die Gestaltwahrnehmungen I (1913). — *W. Köhler,* Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand, 1920. — *E. Rubin,* Visuell wahrgenommene Figuren I, 1921. — *M. Wertheimer,* Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt, in PsFo 1 (1921) 47 ff. — *Gneiße,* Die Entstehung der Gestaltvorstellungen, in ArGsPs 42 (1922) 295 ff.

1. Die Gestalt als anschauliche Einheitsauffassung. Eine besonders wichtige Seite der Wahrnehmung, über deren Wesen und Erklärung noch starke Meinungsverschiedenheit besteht, ist die Einheitlichkeit des Wahrnehmungsobjektes. Besonders umstritten ist die Frage, ob darin gegenüber der Summe der Empfindungen ein Neues, Höheres vorliegt. Wir versuchen, uns den Begriff aus Beispielen verschiedenster Gebiete klarer herauszuschälen, darauf die Gesetze und Wirkungen der Gestalten, soweit sie untersucht vorliegen, zu sammeln, um endlich zu den Erklärungen des Wesens und Entstehens Stellung zu nehmen. Nach *Kreibig* (Die intellektuellen Funktionen Nr. 46 ff.) ist die Anschauungsvereinigung eine Wirkungsweise des verbindenden Denkens, nämlich das unmittelbare Erfassen eines Wahrnehmungsobjektes als einer in der Wirklichkeit gegebenen Einheit; so wird ein Donnerschlag, eine Zeigerbewegung unmittelbar als Ganzes aufgefaßt. Die Einheitlichkeit zeigt sich in den verschiedensten Gruppen der Wirklichkeit in eigenartigen Gestalten. So ist das Ding für die Anschauung nicht eine bloße Addition von Eigenschaften, sondern deren Ineinander. Es ist ein Ausdruck für die innere Beziehung von Form, Struktur, Schwere, Härte, Farbe. Ein Vorgang der Außenwelt ist für die Anschauung eine Mehrheit wechselnder Beschaffenheiten desselben Gegenstandes in der Zeitreihe. Ein Zustand der Innenwelt tritt als Einheit auf.

z. B. der aus Vorstellungen, Urteilen und Gefühlen sich aufbauende Gesamtzustand der Hoffnung.

In diesen Beispielen sind offenbar noch alle Arten von Wahrnehmungsergänzungen durcheinander gemischt, die anschauliche wie begriffliche, die primäre wie sekundäre Identifikation (S. 356). Der Sprachgebrauch bevorzugt zweifellos die anschaulichen Bestandteile. Nach *Gneiße* findet sich schon bei *Schiller* die scharfe Unterscheidung dreier Vorgänge, von denen der erste unsrer Empfindung, der zweite der Gestaltauffassung (*Schiller* nennt ihn den „ästhetischen Schein"), der dritte den Gedanken entspricht. Auf die gleiche Dreiteilung weist die Unterscheidung *Westphals* zwischen Empfinden, Beachten und Wissen (worüber später); nach *Seifert* vollzieht sich die Bildung der Gestaltvorstellung im Bewußtsein; sie hat einen Empfindungsakt vor sich, einen Denkakt nach sich. Das gestaltete Ding kann man dabei von der Gestalt selbst unterscheiden. *v. Ehrenfels* redet passend von einer Gestaltqualität, braucht aber dann das Wort mißverständlich auch von den gestalteten Dingen, wie den Melodien. Auch *Poppelreuter* unterscheidet Empfindung, Formauffassung und Erfahrungsbeziehung. Man kann in kürzester Darbietungszeit eine Figur sehen, ohne sie aufzufassen, was auch *Baade* bestätigt. Die Erfahrungsbeziehungen anderseits, die Reproduktionen sollen ihre Wirksamkeit nach dem Auffassen entfalten; durch sie trete die Einordnung unter einen Begriff ein. Das periphere Sehen ist bei kurzer Dauer nur Empfindung, keine Formwahrnehmung.

In einigen Wahrnehmungen ist die Einheit von Natur aus vorgezeichnet, gefordert, was freilich nicht ausschließt, daß ihre Erkenntnis erst nach einiger Zeit erworben wurde und gelegentlich, wie beim Seelenblinden, verloren geht. In vielen andern Fällen ist die Gestaltbildung willkürlich, wird nach Belieben gestiftet und wieder aufgelöst. *Schumann:* In eine Reihenfolge von gleichmäßig aufeinanderfolgenden Linien, etwa die Zeilen eines Druckes, kann man willkürlich Zusammenfassungen hineinbringen, etwa je zwei oder je drei aufeinanderfolgende vereinigen; diese bilden dann mit ihrem innern Zwischenraum eine gemeinsame Fläche, während die äußern Zwischenräume der Gruppen ganz anders erscheinen. Man vergleiche hiermit die Erfahrungen *Koffkas* über unwillkürliche Rhythmisierung (S. 392). Auf diesen Vereinheitlichungen beruht die eigentümliche Gestalt mancher geometrischer Figuren. In einem Rechteck gehören die beiden längeren Linien inniger zusammen als die kürzeren. Beim Quadrat dagegen sind alle Linien gleichwertig. Wenn das Quadrat auf eine Spitze gestellt wird, so sieht es ganz verändert aus. Es verbinden sich unwillkürlich die zwei zur Vertikalen symmetrischen Seiten inniger. Die herausgehobenen Linien und Flächen erscheinen vielfach schwärzer, schärfer begrenzt. Das beruht auf zentralen Bedingungen.

Witasek: Vier Punkte nach Art eines Quadrates geordnet ∷ können verschieden aufgefaßt werden: als Quadrat, als liegendes Kreuz, als zwei parallele Grade usw. Andere Beispiele sind die rhythmischen Gestalten, die anschauliche Vorstellung der Bewegung, die Akkorde, Melodien. Die ganze Tätigkeit des Künstlers geht auf die Schaffung neuer Gestalten (auf den ästhetischen Schein nach *Schiller*), das Zusammenfassen in eine Figur, eine Melodie usw. Das fordert nicht notwendig eine Veränderung der Erscheinungen der Teile. Das gleiche Material wird als einheitliches Ganzes aufgefaßt oder auch nicht, oder nur zum Teil, oder mit veränderter Phrasierung. Als Grundeigenschaft der Gestalt wird seit *v. Ehrenfels* vielfach genannt, daß sie in verschiedenem Material gleichwertig wiederhergestellt werden kann; eine Melodie kann in ganz andere Töne transponiert werden und doch dieselbe Melodie bleiben. —

Umstritten ist der Umfang des Gestaltbegriffes. Nach *Stumpf* sind die Formen besondere Erlebnisse der Zusammenfassung, nämlich solche mit sachlich verbinden-

den Beziehungen der Glieder; in andern Inbegriffen möge Heterogenes durch „und“ zusammengefaßt sein. Ähnlich stellt *Wertheimer* die seltenere bloße Summenhaftigkeit dem in verschiedenem Grade Gestalteten gegenüber. Nach *Linke* dagegen hätten alle konkreten Gebilde Gestalt und gibt es bloß Gestaltenumwandlung, nie eine erste Entstehung. Infolgedessen faßt er jedes Geräusch, jeden Ton als Gestalt, da alles Wahrgenommene eine gewisse Ausdehnung und Dauer, eine Vielheit und Einheit besitzt. Man sieht bald, daß diese Erweiterung den Gestaltbegriff entwerten würde und der allgemeinen Überzeugung nicht entspricht. Ein Schein, ein Fleck, den man augenblicklich sieht, hat auch Umgrenzung, ohne daß man da von Gestalt redet. Der oft erwähnte Kranke von *Gelb* hatte noch die Wahrnehmung der übrigen optischen Eigenschaften; er sah, daß ein Punkt mehr rechts, mehr oben, dicker, größer war als ein anderer, und doch hatte er beim Betrachten nicht mehr die einfachsten Gestalteindrücke, sah nicht, ob es eine Gerade oder Krumme war. Danach können wir Dinge nach Länge, Richtung, Begrenzung, Größe wahrnehmen ohne bestimmten Formeneindruck. Der Kranke sah bei einem kleinen roten Quadrat, das innerhalb eines blauen lag, bloß, daß Rot innerhalb des Blau sei, aber nicht, ob das Quadrate seien, ob Ecken oder Bögen vorkämen. Die Begrenzung genügt, daß das Ding sich von seiner Umgebung unterscheidet; für die Gestalt ist noch notwendig das Verhältnis der Teile des Dinges zueinander und zum Ganzen; auch eine Tonfolge ist sofort umgrenzt, man scheidet die Töne voneinander, hat die ganze Tonfolge als für sich seiend im Bewußtsein: damit ist aber noch nicht die Melodie bewußt, nicht das Bewußtsein der Beziehungen vorhanden.

2. Untersuchungen der Eigenart und Wirksamkeit der Gestalten. a) Bei *Seiferts* (ZPs 78 [1917]) Versuchen mit Punkten in verschiedenen Zusammenstellungen kam eine Gestaltauffassung entweder sofort oder allmählich gebildet vor, oder fehlte auch bisweilen ganz; dann bestand der Eindruck einer Menge, einer formlosen Masse, das Erlebnis des Ungeregelten. Bisweilen wurden nur Gestaltteile aufgefaßt, wie Ecken, Winkel. Danach gibt es Gestaltlosigkeit, eine Vielheit unzerlegter Gegenstände, deren objektive Beziehungen nicht erfaßt werden oder bei denen Unordnung erlebt wird. *Seifert* stellt einen Gestaltungsdrang fest, eine Unlust am Ungestalteten, ähnlich dem Drang zum Rhythmisieren auf akustischem Gebiet. Das sinnlich Gegebene gliedern wir in Formen, die geläufig sind. — Nach *Wertheimer* ist bloße Summenhaftigkeit nur selten gegeben, nämlich wenn Disparates nebeneinander vorkommt. Sonst ist das Gegebene in verschiedenem Grade gestaltet, hat Ganzeigenschaften mit innern Gesetzen; die Veränderung der Teile ist nicht ohne Bedeutung für die andern Teile oder das Ganze.

b) Die Wirksamkeit der totalisierenden Gestaltauffassung. *Poppelreuter* fand bei Hemianopikern: Wenn ein Kreis halb auf der blinden, halb auf der gesunden Gesichtshälfte abgebildet war, wird er oft ganz gesehen, besonders wenn es ein Vollkreis ist. Ein Ausschnitt an der blinden Hälfte wird ausgefüllt. Dieser Ergänzungsprozeß ist wertvoll, er ermöglicht eine rasche, grobe Auffassung, was praktisch das wichtigste ist. Um ein Messer zu reichen, genügt es, die Totalform aufzufassen; dadurch ist die Hemianopsie weniger störend. — Auch bei *Fuchs* (ZPs 86 [1922]) sahen Hemianopiker den zentral fixierten Vollkreis bei kürzester Darbietung ganz; ebenso eine Ellipse, ein Vollquadrat, eine Strahlenfigur, aber nicht andere Figuren. Fehlte am Vollkreis in der blinden Hälfte ein Stück, so wurde es wieder ergänzt. Nur müssen die empfundenen Teile den Schwerpunkt der Figur enthalten, zugleich die Figur noch überschaubar sein. Es ist das nicht einfach Sache gewöhnlicher Erfahrung; die hintere Hälfte eines Tieres wird nicht so ergänzt, auch wenn sie unmittelbar vorher gesehen und eingeprägt war. Die ergänzten Teile haben meist dieselben Farben und Formbestimmtheiten wie die gesehenen. Tritt später ein kritisches Verhalten ein, so läßt die Ergänzung immer mehr nach. —

Auch bei Hemiamblyopie wurde ein kleiner Kreis im undeutlichen Gebiet wohl für sich allein gesehen, aber nicht, wenn daneben im gesunden Teile noch ein Kreis lag, der also den andern hemmte. Werden aber beide Kreise zu Teilen eines gemeinsamen Ringes gemacht, so sind sie als Teile der Gesamtgestalt wieder sichtbar. Es kann in der blinden Hälfte eine Kreislinie ganz sichtbar sein, aber ein in ihr enthaltenes anderes Objekt unsichtbar werden. — Ähnliches wie die kürzeste Darbietung kann das Nachbild leisten. Bisweilen wurde bei Hemiamblyopie der Vollkreis im Vorbild nicht ganz überschaut, wohl aber im Nachbild, und dabei etwa fehlende Abschnitte ergänzt. Es trat dann keine Farbenmischung mit dem Grunde ein, wie auf der gesunden Hälfte.

c) In sehr auffallender Weise zeigt sich die Wirksamkeit der Gestaltauffassung im Gegensatz der Eigenschaften von Grund und Figur, den *Rubin* erforscht. Bei einem weißen zackigen Fleck auf schwarzem Grunde kann man nach Belieben bald den Fleck als die Figur betrachten, bald auch die Umgebung, wie schon *Hering* angibt. Ist nur eine Auffassung gemerkt worden, so wird bei späterer Wiederholung nur diese wiedererkannt, nicht oder viel seltener die andere, die nicht eingeprägt war. Nicht die Reize entscheiden, die ja dieselben sind, sondern die eingeprägten Gegenstände. Das als Grund gewählte scheint sich unter der Figur weiter fortzusetzen; die Grenzlinie gilt dann nur für die Figur. Man beachtet zunächst nur die Unterschiede von zwei gegebenen Figuren, nicht ihrer Hintergründe. Die Form der Figur ist ausgearbeiteter, fester, realer, die des Grundes ist mehr zufällige Folge der Form der Figur. Der Grund hat mehr den Charakter des Stoffes, die Figur den der Form; erstere mehr den der Flächenfarbe, letztere den der Oberflächenfarbe. Deshalb ist auch die Berücksichtigung der Beleuchtung auf der Figur größer.

Die Figur wird meist näher gesehen als der Grund. Man kann die Figur absichtlich weiter weglegen, indem man aus einem Karton eine Figur ausschneidet und diese dann auf einen andersfarbigen Grund legt. Aber dieser Grund hat dann mehr den Charakter einer Übergangsbildung, springt auch leicht vor. Sieht man durch ein kreisrundes Loch auf einen fernen Weg im Garten, so schneidet man scheinbar einen kleinen Kreis aus, nicht eine große Ellipse. Es wird die scheinbare Größe und Entfernung des Loches auf die Dinge übertragen. Die Figur ist immer eindringlicher; sie bestimmt den Vorstellungsverlauf, wird leichter reproduziert, hat eher Gefühlswirkungen.

Fläche und Kontur: Die Kontur hat keine Breite, keine Farbe, aber Länge. Es gibt auch Flächen, die keine Grenzlinien haben, sondern verschwimmen. Die viereckige Fläche ist eine Einheit, ihre Grenze dagegen hat vier Teile. Die Beziehung zwischen den Grenzlinien ist der Winkel; dagegen ist die Fläche spitz oder stumpf. Man kann auf einen rechten Winkel einstellen, indem man auf eine Gerade zugeht und nachsieht, ob man dabei mehr von der einen oder andern Seite herkommt. Dagegen ist der Eindruck einer rechteckigen Fläche ein positiver, beruht nicht auf Ausschluß von spitz und stumpf, wie bei den Winkeln. Bei den Zungen, die von krummen Linien begrenzt sind, herrscht Spitzeneindruck ohne Winkel; wenn man ein Dreieck auf gleiche Spitze einstellt wie sie, ist nicht der Tangentenwinkel an der Spitze maßgebend, sondern eher das Dreieck mit gleicher Grundlinie. — Ein anderer Unterschied ist: Die Fläche hat Breite, die Konturen haben Entfernung. Ein Streifen kann überall gleich breit sein, was nicht einschließt, daß die Konturen beständig gleiche Richtung haben. Die Kontur ändert sich, wenn statt der krummen Linien kleine Geraden eingesetzt werden, während die Fläche dabei wesentlich dieselbe bleibt. Die zackige Briefmarke erscheint wesentlich als viereckig. Im Erlebnis herrschen die Flächen vor; auf die Konturen muß man sich erst absichtlich einstellen. Flächen können bei beliebig kurzer Zeit erkannt werden, Konturen nicht; sie verlangen eine Nachbewegung.

Der Strich hat Stetigkeit und Länge; die durch einen Strich abgegrenzte Figur hat eine etwas andere Farbe als der Grund. — Die Behauptung, daß man in Strichen und Punkten oft keine Breite habe, trotzdem man ihre Farbe sehe, ist ungenau. Sie können nur wegen der Einrichtung unsrer Netzhaut nicht verkleinert gesehen werden; das beweist aber nicht absolute Ausdehnungslosigkeit, sondern bloß die praktische Unmöglichkeit, kleinere zu sehen.

3. Das psychologische Wesen der Gestalterkenntnis. *Bentley* (AmJPs 13 [1902]): *Mach* kannte nur Empfindungen, auch von Raumformen und Tongestalten. Da Melodie und Töne unabhängig voneinander veränderlich sind, nennt er beide Empfindungen, letzte Elemente der Erfahrung, die nur noch auf einem besondern System von Nervenerregungen beruhen. Besonders weist *v. Ehrenfels* auf die Formen, die Gestaltqualitäten hin. Sie haben in den Empfindungen ihre Grundlage, werden wahrgenommen, während die Relationen erschlossen werden. Es gebe auch Gestalten höherer Ordnung, die einfache Gestalten zur Grundlage haben, wie schon die Melodien.

a) Zunächst ist leicht zu sehen, daß Gestalt nicht die bloße Summe der Empfindungen ist. Wenn *Titchener* gelegentlich im Quadrat nur die tatsächliche Gleichheit der Seiten und Winkel anwesend findet, so muß doch diese Tatsache als solche bewußt werden. Beim Seelenblinden ist das nicht der Fall. Bei ungewohnter Musik hat man manchmal die Folge der Töne, aber nicht ihre Verarbeitung zur Einheit (*Witasek*). Die Zusammenstellung der Tapetenbilder, die Erkenntnis des Vexierbildes kann lange fehlen.

b) Einige sehen das Mehr in einer Beachtung, die in der kollektiven Auffassung liegt. Nach *Schumann* drängen sich die verschiedenen Teile gleichzeitig der Aufmerksamkeit auf; deshalb wirkt die Gruppe als Ganzes auf die Reproduktion. Dagegen werden nach *Seifert* die Gestalten bisweilen ganz nebenbei mitgenommen, stehen auf einer niedrigeren Stufe des Bewußtseins als die gleichzeitig zu lösende Hauptaufgabe. *Benussi:* Das, worauf die Aufmerksamkeit sich richtet, muß schon da sein. Eine bloße Aufmerksamkeitsrichtung kann nicht eine Bereicherung der Inhalte hervorrufen, die in dieser Einheitserkenntnis doch liegt. Man denke an die bemerkte menschliche Gestalt im Vexierbild. *Woodworth:* Einige Elemente bewirken die Erkenntnisreaktion, die die Gestalt ausmacht und beim Seelenblinden fehlt. Die Gestalt ist von den Elementen verschieden, aber mit ihnen verschmolzen, so daß sie empfunden zu werden scheint. Die Empfindungen können bei Veränderung der Gestalt gleich bleiben.

c) Fragen wir, was genauer die eigentümliche Gestalterkenntnis inhaltlich ist, über ihre Grundlagen hinaus, die bisweilen ja allein vorhanden sind, so sprechen manche Forscher von einem Relationserlebnis, von dem Verhältnis der Teile zueinander, das die Gerade von der Krummen unterscheidet. So *Stumpf* und eingehender *Gelb* (ZPs 58 [1911]): Wenn man eine Melodie transponiert, bleibt die Relation zwischen den Tönen, besonders die zeitlichen Relationen, das Aufund-absteigen der Tonschritte. — *Höfler* bekämpft diese Auflösung der musikalischen Gestalten in Relationen, die unmöglich Genuß gewähren könne. Aber dieser Einwand trifft höchstens eine gewisse abstrakte Relationserkenntnis; dagegen nicht die hier gemeinte anschauliche Auffassung der eigenartigen Tonschritte und Rhythmen in einer Zusammenfassung. So weist die Musik mancher Naturvölker einen so komplizierten Rhythmus auf, daß wir ihn wohl durch Messen feststellen, aber nicht mehr anschaulich auffassen können, was diese Völker vermögen (*Stumpf*).

Das Wesentliche ist eine gewisse Einheitlichkeit, die zum abstrahierten Empfindungskomplex hinzukommt, und zwar anschaulicher Art. Eine Reihe von 1000 Tönen kann man sich als Einheit denken, aber nicht hören.

Diese Einheitlichkeit mag verschiedene Grade haben. *Höfler:* Auch Scherben haben eine gewisse Gestalt. Aber sicher ist eine Gestalt nicht so gut wie eine andere. Der Geräuschkomplex, der dissonante Akkord, der konsonante Akkord sind in dem Gehörgebiet eine Reihe mit immer größerer Einheitlichkeit. Ebenso kann eine Melodie die andere durch größere Natürlichkeit übertreffen. *Höfler:* Eine gute Melodie klingt, als habe sie von jeher bestanden; sie wird nicht erfunden, sondern entdeckt: eine Äußerung, die nicht zu buchstäblich genommen werden darf. Das Vermögen der Auffassung von Einheiten ist verschieden groß und der Ausbildung fähig. Ein Nichtmusikalischer mag eine kleine Melodie anschaulich erfassen, nicht aber das größere Kunstwerk in seinen Verhältnissen; ähnlich wie ein Anfänger an einzelnen Szenen des Trauerspieles Gefallen findet, aber die ganze Wucht und Geschlossenheit des dramatischen Ablaufs nicht übersieht.

d) Fragt man nun nach dem Prozeß, der diese Einheitsauffassung leistet, so sehen ihn manche in einem psychischen Vorgang, während andere das Ergebnis im Nervenreiz vorgebildet finden (die physiologische Theorie). Die *Meinong*sche Schule spricht von einer Vorstellungsproduktion. Das soll heißen: es ist nicht eine gewöhnliche Reproduktion; ebensowenig der einfache Zusammenhang von Reiz und Empfindung; denn die Gestalt kann ja bei unverändertem Reiz ausfallen. *Meinong* spricht von fundierten Inhalten, von Komplexionen, wozu auch die Relationen gehören. Der Komplex ist mehr spontan, die Relation verlangt einen eigenen Akt. Nach *Witasek* bilden sich einige Komplexionen spontan, wie die Melodie, während höhere wie in einem polyphonen Stück zu bilden sind. — Gegen diese Theorie hat es an Widerspruch nicht gefehlt. Nach *Wertheimer* bauen sich die Gestalten nicht auf der Summe der Empfindungen auf, bloß durch den Zufall der Assoziationen bedingt, sondern es handelt sich bei ihnen um Ganze mit Strukturprinzipien. Dafür macht er besonders die Konstellation der Reize verantwortlich. Daneben will er aber subjektive Ursachen nicht leugnen. Vielfach sei psychologisch der Weg von oben nach unten der richtige. Auch *Linke* verwirft den Produktionsprozeß; die Wahrnehmung sei sofort gestaltet und die Empfindung nicht vor ihr, sondern in ihr als unselbständiger Teil enthalten. Es entstehen immer nur neue Gestalten aus alten; diese Umformung aber braucht psychische Vermittlung; man kann Einheiten bilden oder unterlassen, wobei die Reize nichts ausmachen.

Das Zugeständnis der Wirksamkeit psychischer Bedingungen, daß nicht alles reizbedingt ist, daß es von oben nach unten geht, die Umformung von den Reizen unabhängig ist, gibt das wesentliche der psychologischen Theorie zu und kann deshalb als gesichert gelten. Wenn *Wertheimer* für die sachliche Bedingtheit der Gestalten gegenüber der Willkürlichkeit eintritt, so ist das Berechtigte daran, daß sicher in vielen Fällen, gerade den gewöhnlichen, die Gestaltvorstellung natürlicherweise vorgebildet ist. Doch bleibt offen, ob überhaupt Gestalterkenntnis auftritt, was nicht gleich anfangs, nicht bei Seelenblinden der Fall ist. Dagegen bleibt aber auch wahr, daß in andern Fällen, die *Wertheimer* als Ausnahmen zugibt, ein willkürlicher Wechsel möglich ist, wie bei der Gruppierung der Tapetenmuster, beim Hineinhören des Rhythmus in die Schlagfolge. — Ob die genauere Ausführung der Produktionstheorie haltbar ist, ist umstritten. In den Elementen, die aus der Erfahrung hinzutreten mögen, liegt sicher auch Reproduktion. Aber man muß beachten, daß es sich schließlich nicht um ein

bloßes Nebeneinander alter und neuer Elemente handelt. In den Teilen der Geraden muß die Gleichheit der Richtung aufgefaßt werden, damit sie als Gerade erscheint, im Kreis die Gleichmäßigkeit der Richtungsänderung. In dieser Auffassung liegt in der Tat etwas, was sich wie ein Fundiertes zu den fundierenden Elementen verhält.

e) Die physiologische Theorie versucht, die Gestaltenerkenntnis ganz aus Eigenschaften der Reize abzuleiten, daraus eine Art Empfindung zu machen. Schon *Ebbinghaus* findet die Relationen ebenso unmittelbar gegeben wie die Reize. Wenn das Nebeneinanderliegen farbiger Felder und ihre Betrachtung nicht genügte, die Anschauung ihrer Verschiedenheit entstehen zu lassen, wie sollte, meint er, die Tätigkeit des Hin- und Herwanderns das leisten? Daraus, daß der Gestalteindruck, etwa die Ähnlichkeit, real genannt wird, folgert *Linke,* daß also die Reize ihn hervorbringen können. — Hier liegt eine Verwechslung vor. Die Sprache nennt eine Beziehung „real", wirklich vorhanden, wenn die Grundlagen des Relationsurteils erfüllt sind. Wenn eine Stange 1 *m* lang, eine andere 3 *m* lang ist, so ist dieses allein die genügende Grundlage zu den Urteilen der Verschiedenheit oder des Größerseins oder auch des Dreimalsogroßseins. Aber alle diese Relationen liegen nicht objektiv im Material, so daß sie daraus direkt ablesbar wären, ebensowenig wie all die ableitbaren geometrischen Verhältnisse in den Linien einer Figur liegen. Das verlangt durchaus ein Hin- und Herwandern, oft eine langwierige Untersuchung. Es brauchte eine lange Zeit, bis die reale Relation zwischen Durchmesser und Kreislinie erkannt wurde.

Fuchs schließt sich in der Erklärung der totalisierenden Gestaltauffassung an die physiologische Theorie *Wertheimers* an. Indessen muß er häufig Zugeständnisse machen, die diese Theorie ausschließen, wie *Gneiße* zeigt. So verlangt er, daß erst der Teil als Teil eines bestimmten Ganzen erkannt werde. Er findet, eine Gerade werde nicht ergänzt wie ein Kreis, der nach Ergänzung verlange. Das schließt offenbar ein, daß das Gesetz der Kurve und ihre Unvollständigkeit erkannt werde, was nicht vor den Reizen, sondern hinter den Empfindungen liegt. — Die Ausführung der physiologischen Theorie hat *Köhler* in seinem großen Werk über die physischen Gestalten gegeben. Er weist nach, daß die Grundeigenschaften der Gestalten, nämlich daß das Gebilde mehr Eigenschaften hat als die Summe seiner Teile, daß die Gestalt in anderes Material transponierbar ist, sich auch in physikalischen Systemen finde. Nimmt man von einer elektrischen Ladung an irgend einer Stelle etwas weg, so verändert sich die Ladung an allen andern Stellen. Dasselbe hat man bei kommunizierenden Röhren, die die gleiche Höhe der Flüssigkeit immer erhalten, und an einer großen Zahl anderer Fälle, die *Köhler* sorgfältig untersucht hat. Es ist trotzdem nicht zuzugeben, daß in diesen Fällen die Handlung eines Ganzen vorliege, wie in einem Organismus, wo jeder verschiedene Teil eine ihm passende Stelle einnimmt, sondern es ist einfach Wechselwirkung aller benachbarten Teile aufeinander, bis der Überdruck verschwunden und eine neue Gleichgewichtslage eingenommen ist. Es ist nur ein Schein, wenn man dem Wassertropfen als Ganzem das Bestreben zuschreibt, seine runde Form wiederherzustellen, nachdem ein Stück aus ihm entfernt wurde. Ob sich die Physik mit den von *Köhler* gemachten Unterschieden von merklichen und unmerklichen Unterschieden, die eher psychologischer Natur zu sein scheinen, zufrieden geben wird, brauchen wir hier nicht zu entscheiden. Dagegen ist durchaus zu leugnen, daß die sog. Einheit des physikalischen Systems, d. h. die andauernde Wechselwirkung seiner Teile bis zur Erreichung eines neuen Gleichgewichts, von derselben Natur ist wie die psychischen Einheiten, die vielfach nach Willkür gebildet und verändert werden, wie der Rhythmus einer Schlagfolge, oder die im Falle, daß die Art der Einheit von der Natur vorgebildet ist,

wenigstens nicht immer erkannt wurden. *Becher* (ZPs 87 [1921]) betont mit Recht die Verschiedenheit der beiderseitigen Einheitsbildung. Wenn drei Punkte als ein Dreieck aufgefaßt werden, werden dadurch die Punkte nicht merklich verändert, und doch entsteht etwas Neues, das Dreieck. Die zu einer psychischen Gestalt zusammengefaßten Teile haben keine physikalische Wechselwirkung aufeinander.

Damit erledigt sich der weitere Versuch *Köhlers*, die psychischen Eigenschaften aus physikalischen Einheiten im Nervensystem abzuleiten; die Eigenschaften sind nicht, wie vorausgesetzt, in beiden Fällen dieselben.

§ 5. Die Wahrnehmungstäuschung.

Literatur. *Benussi*, Allgemeines über Vorstellungsinadäquatheit, in ZPs 42 (1906) 22 ff.; 45 (1907) 188 ff.; ders., Stroboskopische Scheinbewegungen und geometrisch-optische Gestalttäuschungen, in ArGsPs 24 (1912) 31 ff.; ders., Gesetze der inadäquaten Gestaltauffassung, in ArGsPs 32 (1914) 396 ff. — *Flügel* und *McDougall*, Some observations on psychological contrast, in BrJPs 7 (1914) 349 ff. — *Koffka*, Zur Grundlegung der Wahrnehmungspsychologie, in ZPs 73 (1915) 11 ff.

1. *Benussi* will nicht von Täuschung reden, da diese ein falsches Urteil einschließe. Wenn eine Vorstellung oder Empfindung derart ist, daß sie ein richtiges Urteil geben würde, wenn man ihren Inhalt anerkennt, kann man sie besser adäquat nennen; würde sie dagegen zu einem falschen Urteil führen, dann inadäquat. — Indessen so richtig es ist, daß nur das Urteil im eigentlichsten Sinne wahr und falsch sein kann, so spricht man doch in weiterem Sinne ganz unbedenklich von Sinnestäuschung, Wahrnehmungstäuschung, sobald eine Vorstellung mit ihrem Gegenstand oder seiner normalen Darstellung nicht übereinstimmt.

Teilung. Die älteren Erklärer verteilten die Täuschungen gewöhnlich auf die Stichworte der Empfindungs- oder Urteilstäuschung. Daß in manchen Fällen eine veränderte Empfindung vorliegt, ist anerkannt. Was uns hier betrifft, sind die Täuschungen, die darüber hinausgehen. Da liegt aber der Fehler gewöhnlich nicht an der formalen Urteilsleistung, sondern an den Voraussetzungen, an dem Schein, welchen das Urteil bejaht, an der Auffassung. Man redet da von Gestalttäuschungen: *Benussi* spricht von einer außersinnlich bedingten Inadäquatheit, die er gegenüber der sinnlich bedingten durch folgende Eigenschaften beschreibt: Die Empfindungsinadäquatheit ist in ihrer Art, Richtung und Größe eindeutig durch den Reiz bestimmt (Kontrast, Nachbilder), während manche optische Täuschungen sich je nach der willkürlichen Auffassung ändern können. Eine Empfindungstäuschung hängt nicht in gleicher Weise von der Einübung ab. Sie ist gewöhnlich an ein bestimmtes Sinnesorgan gebunden, während eine auf zentralen Ursachen beruhende Täuschung von der Art des Sinnesgebietes sich unabhängig zeigen kann. Gegen einen Empfindungscharakter spricht es ferner, wenn eine Täuschung sich durch Phantasieergänzungen erzielen läßt. — Will man von weiteren Hypothesen absehen, so mag man zwischen peripher und zentral bedingten Täuschungen unterscheiden.

2. Gesetze der Wahrnehmungstäuschungen. *Benussi* (ZPs 51, 73 ff.) weist den Einfluß der verschiedenfarbigen Begrenzung auf die Vergleichung von Strecken

nach. Werden drei Punkte *a b c* horizontal nebeneinander in gleichen Abständen geboten, so kann man durch Zusammenfassung von zwei leicht ihre Distanz subjektiv verkleinern: das wird noch verstärkt durch ihre gemeinsame Färbung gegenüber dem dritten. Sind die Farben Weiß und Rot auf die Punkte symmetrisch verteilt (z. B. Weiß, Rot, Weiß), so wird die Gleichheit der Strecken doppelt so häufig anerkannt als bei unsymmetrischer Verteilung (Weiß, Weiß, Rot). Es werden da verschiedene Gegenstände verwechselt, die Symmetrie der Farbenverteilung mit der Symmetrie der Distanzen. Wird die Zusammenstellung Rot, Rot, Weiß momentan geboten, so erscheint auffallenderweise die linke Strecke größer; bei der kurzen Zeit fällt offenbar nur diese als Abstand auf, während Weiß als einzelner Punkt daneben steht.

Benussi bot drei Punkte *a b c* in solcher Anordnung, daß *a* auf dem Mittelpunkt eines Kreises, *b* und *c* auf seiner Peripherie lagen und der Winkel *b a c* veränderlich war. Die drei Punkte waren in einer bestimmten Gestalt aufzufassen, z. B. *a* ‾ *b* oder *a* *b*, und dabei war immer *a b* = *a c* zu machen.
c *c*

Dann ergab sich, daß je nach der Verschiedenheit der aufgefaßten Gestalt eine verschiedene Schätzung auftrat. — Wurde bei verschiedener Größe der Figur genau dieselbe Gestaltauffassung beibehalten, so fand sich die Größe der Täuschung proportional zur Größe der Figur. Ebenso zeigte sich die Täuschung gleich groß, wenn bei der *Müller-Lyer*schen Figur die Endschenkel direkt für die Empfindung gegeben waren oder vorgestellt wurden. Unter Umständen konnte durch Änderung einer Gestaltauffassung die Täuschung in ihr Gegenteil verkehrt werden. *Benussi:* Bei der *Müller-Lyer*schen Täuschung kann man bestimmen, welche Zeit für die einheitliche Auffassung die günstigste ist; diese bewirkt nämlich die größte Täuschung. Bei einigen Beobachtern lag die günstigste Zeit sehr tief (um 100 σ herum), bei andern bei langen Zeiten (1—$1^1/_2{}''$).

Flügel und *McDougall* untersuchten den Wahrnehmungskontrast (im Gegensatz zum peripheren). Es ist bekannt, daß ein Mann von mittlerer Größe neben einem sehr großen klein erscheinen kann: daß wenn man nach langer Abwesenheit nach Hause zurückkehrt, die Größe der Zimmer, die Höhe der Türklinke, der Stühle oft stark verändert erscheint. In Versuchen wurde jedesmal ein Normalreiz geboten, darauf ein Kontrastreiz, schließlich der Vergleichsreiz, dessen Vergleich mit dem Normalreiz das Dasein des Kontrastes beweisen sollte. Dann fand sich auf verschiedensten Gebieten ein Kontrast wirksam: so bei Gewichten, bei Farbenmischung, bei Linienlängen, Zeitdauern: immerhin war der Kontrast nicht überall zu bestätigen. *Külpe:* Kontrast im allgemeinen Sinne der Urteilstäuschung tritt auf, indem Empfindungen, die gegen Erwarten verschieden sind, für größer gehalten werden.

3. *Benussi* verzeichnet folgende Grundgesetze der Gestalttäuschungen: das Gesetz der Abhängigkeit vom Gestalterfassen: alle Bedingungen, welche die Auffassung der Gestalt erleichtern, erhöhen dadurch die Täuschung, welche auf der Gestalterfassung beruht; umgekehrt diejenigen, die die Trennung der Bestandteile befördern. — Das Auffälligkeitsgesetz: Je auffälliger die Farbe der täuschungweckenden Elemente, desto größer ist die Täuschung: je auffälliger die Farbe der täuschungleidenden Teile, desto kleiner. — Das Übungsgesetz: Wenn die gestalterfassende Verhaltungsweise ständig eingehalten wird, steigt die Täuschung bis zu einem Höchstwert; wenn die trennende, sinkt sie bis Null. Es kann übrigens auch Ermüdung für ein Verhalten einsetzen.

4. Zur Erklärung. Für die geometrisch-optischen Täuschungen, die recht Verschiedenartiges einschließen, führen *Ebbinghaus-Dürr* vier Haupttheorien an: a) die periphere Netzhauttheorie, die z. B. für die *Kundt*sche Teilung in Betracht kommt (S. 266); b) die Augenbewegungstheorie: die Täuschungsmotive zwingen zu einer größeren Blickbewegung, womit die größere Länge assoziiert sein mag; manche Täuschungen werden bei Betrachten mit starrem Blick kleiner; c) die Assoziationstheorien: es werden rechte Winkel in der Erfahrung häufig perspektivisch als spitze oder stumpfe gesehen; das kann verleiten, spitze oder stumpfe nach dem rechten hin zu verschieben; d) die Aufmerksamkeitstheorien: die Aufmerksamkeit wird durch störende Nebenlinien von den eigentlich zu vergleichenden Strecken abgelenkt, dafür andere unterschoben.

Unter den älteren Erklärungen bevorzugt *Lehmann* die physiologische durch Irradiation; psychologisch dagegen war schon die Erklärung von *Lipps*. Nach ihm tritt immer eine Einfühlung in die Raumform auf: die Gestalteindrücke erleiden Verschiebungen im Sinne der eingefühlten Kräfte. So scheint eine aufrechtstehende Säule sich selbst aufzurichten, ähnlich wie der Mensch in der aufrechten Stellung sich jeden Augenblick behauptet; deshalb erscheine die Vertikale größer usw. — Dem entgegen zeigt *Bühler*, daß es gar nicht unsre Körpermechanik ist, die hier herangezogen wird. Der Schein der Erklärung durch dieses System beruht darauf, daß sich die Täuschungsmöglichkeiten immer auf zwei Gegensätze bringen lassen, und die Entscheidung über das, was siegt, nur mit Rücksicht auf den beobachteten Erfolg gegeben wird.

Schumanns Grundgedanke ist der, daß wegen der Umstände des Versuchs leicht die zu vergleichenden Größen mit andern verwechselt werden. Vergleicht man das auf einer Seite und das auf einer Spitze stehende Quadrat, so erscheint häufig das letztere größer. Man vergleicht eben unwillkürlich die Seite des einen Quadrates mit der gleichlaufenden Diagonale des andern. Distanzen, die sich der Aufmerksamkeit aufdrängen, sehen länger aus als wenig beachtete. Wenn die Zusammenfassung in eine Einheit begünstigt ist, tritt leichter Angleichung auf; wenn der Unterschied hervortritt, Kontrast. Wenn die Schenkel eines Winkels als verschieden gerichtet auffallen, liegt Kontrast nahe, wenn als Flächen eines Keiles, Angleichung. *Witasek* macht auf den ähnlichen Fall aufmerksam, daß eine Zeitstrecke länger erscheint, wenn die Grenzgeräusche stärker sind, indem die größere Eindringlichkeit des Geräusches hierbei auf die Zeitstrecke übertragen wird. Bekannt ist auch, daß man sich nicht selten über die Motive des eigenen Wollens täuscht. — *Schumann* hat eine große Menge geometrisch-optischer Täuschungen auf diese und ähnliche Erklärungsversuche zurückgeführt.

Allgemeiner suchte *Benussi* die Theorie der außersinnlichen Gestaltenbildung gegenüber dem Sinnesvorgang zu begründen. Die Melodie, die räumliche Gestalt usw. hat zunächst keinen eigenen Reiz, der auf die Sinne wirken könnte; für die Zusammenfassung ist kein Mehr an Reizen gegenüber denen für die Teile nachzuweisen. Die Gestalt ist ferner mehrdeutig: da bei gleichen Reizen, und mithin gleichen Empfindungsinhalten, verschiedene Gestalten möglich sind, sind sie von den Reizen unabhängig und deshalb nicht sinnlich. Auch unterscheidet sich die sinnliche Täuschung wesentlich von der außersinnlichen: die sinnliche ist nur an objektive Bedingungen geknüpft, unterliegt nicht der Ermüdung oder Übung, kann bei Gegenwart der objektiven Bedingungen nicht ausbleiben, während bei der außersinnlichen das Gegenteil von alledem stattfindet. — *Koffka* hat diese Theorie einer eingehenden Kritik unterzogen: Das Ganze erscheint im Gegenteil ebenso unmittelbar auffaßbar wie die Empfindungen; beide sind vom Reiz wie vom Zentralorgan abhängig. Im einzelnen ist die Mehrdeutigkeit kein Beweis der Gestaltauffassung: manchen Gestalten mangelt sie, so manchen räumlichen Anordnungen; und anderseits hat auch

bei Farben *Katz* eine Mehrdeutigkeit nachgewiesen (S. 284). Daß den Gestalten kein eigener Reiz entspreche, gibt *Koffka* für die zentralen physiologischen Vorgänge nicht zu, die selbst auch gestaltet seien. Auch der gewöhnliche Kontrast läßt sich, wie *Jaensch* und *Wertheimer* zeigten, psychisch beeinflussen. Daß eine verschiedene Einstellung die *Müller-Lyer*sche Täuschung beeinflußt, beweist nicht notwendig, daß erst die unveränderten Empfindungen da sind. Die Gestaltwahrnehmung kann ebensogut von mehreren Bedingungen zugleich abhängen, von Reizen wie Einstellung. Auch die Abhängigkeit von Ermüdung und Übung ist nicht derart der Gestaltproduktion eigen, wie es dargestellt wird. Selbst Sinnesvorstellungen kann man üben, wie die Nachbilder; und manche Gestalten, wie die Linien, werden gleich vollkommen gesehen. Der Ungeübte sieht zahllose Farben nicht, die der Maler sieht, während der Maler wieder sich die gleichförmig gefärbte Fläche des Ungeübten nicht vorstellen kann, ebensowenig wie der Musiker den Wirrwarr, den der Unmusikalische hört.

Diese Gründe weisen allerdings darauf hin, daß der Unterschied der gewöhnlich so genannten sinnlichen und der Wahrnehmungstäuschungen kein so unüberbrückbarer ist. Auch ist unbewiesen, daß die Vorstellungsproduktion das Bestehen der Empfindungen voraussetzt, oder diese immer unverändert in sich enthält, weil die Reize unverändert seien. Schon *Köhler* (ZPs 66, 349 ff.) zeigte, daß diese „Konstanzannahme" weder bewiesen noch überwiegend wahrscheinlich sei. Es ist wohl möglich, daß die Verschiedenheit der Reize zusammen mit der Einstellung sofort die Gestalt weckt. Anderseits ist die Einstellung selbst wohl nicht als rein physiologische Bedingung zu fassen; auch ist es nicht verständlich, daß der physiologische Vorgang schon „gestaltet" sei. Wenn bei Kontrast, Nachbildern usw. entgegen den Aufstellungen *Benussis* Übung, Mehrdeutigkeit usw. nicht fehlt, so ist daraus vielleicht eher zu schließen, daß diese Täuschungen durch psychologische Erfahrungen mit beeinflußt werden und nichts rein Empfindungsartiges sind, wie man bisher dachte. Die Fortführung dieses Streites haben wir im vorigen Paragraphen besprochen.

§ 6. Vergleichungsprozeß und Vergleichungsurteil.

Literatur. *Brunswig*, Das Vergleichen und die Relationserkenntnis, 1910. — *Gemelli*, Il metodo degli equivalenti, 1914.

1. Das Vergleichungsurteil und seine Motive. Eine der grundlegenden intellektuellen Leistungen ist der Vergleich gegebener Objekte nach irgend einer Hinsicht. Das Vergleichsurteil „*A* ist größer als *B*" besteht natürlich nicht in den bloßen Worten (S. 424 ff.), sondern der Urteilende ist dabei überzeugt, daß der ausgedrückte Sachverhalt richtig ist. Das Urteil ist nicht bloß kausal bedingt, sondern bewußt begründet. Es müssen also Erlebnisse gegeben sein, die das Urteil auch logisch gewiß oder wahrscheinlich machen. Was sind das für Erlebnisse?

Die Gedächtnisbildtheorie. Lange war die gewöhnliche Erklärung die, daß vom ersten Objekt *A* ein Erinnerungsbild zurückbehalten werde, mit dem das zweite Objekt *B* dann verglichen werden kann. Indessen ist diese Theorie heute fast experimentell widerlegt.

Schumann: Auf den verschiedensten Gebieten konnte ich nie entdecken, daß beim Vergleichen noch ein bewußtes Vorstellungsbild des ersten Eindruckes vorhanden war. Im Gegenteil war sein Fehlen fast sicher zu beweisen. Nach 2″ habe ich von einer gesehenen Linie von 50 *mm* kein deutliches Bild mehr und kann doch mit Sicherheit eine Vergleichslinie, die sich um 3—4 *mm* unterscheidet, als ver-

schieden erkennen. *G. E. Müller* sagt. er sei bei der Vergleichung von Gewichten erstaunt gewesen. wie oft er bei der zweiten Hebung jede Erinnerung an die erste verloren hatte. Ähnlich *Külpe, Whipple* und andere. Meist erfolgt das sicherste Urteil unmittelbar nach der Wahrnehmung des zweiten Reizes. ohne Vergleichungsakt. Das Dasein des Gedächtnisbildes verbessert das Urteil nicht. Auf vielen Sinnesgebieten können wir Unterschiede besser erkennen. wenn die Reize nacheinander. als wenn sie zugleich im Bewußtsein auftreten. Da nun natürlich ein Wahrnehmungsbild deutlicher ist als ein Vorstellungsbild. müßte man nach der Abbildstheorie eher das Gegenteil erwarten. Bei *Whipple* wurde einmal das Gedächtnisbild falsch. aber mit seiner Verschiedenheit in Rechnung gestellt. Wenn man so das Gedächtnisbild selbst als falsch oder recht erkennen kann. so muß man dafür offenbar ein anderes Kriterium besitzen als das Gedächtnisbild. *Schumann* schließt: man muß also wohl an eine unbewußte Nachwirkung des ersten Objektes denken. Wir müssen irgendwie innerlich auf die Auffassung einer gleichen Größe vorbereitet sein. Das führt auf die Erklärung des Vergleiches durch

Nebeneindrücke. So fand *Schumann* beim Vergleich kleiner Zeiten den Eindruck der Erwartungsspannung oder Überraschung, die ihm das richtige Urteil lieferten. *Stumpf* und *Meyer* untersuchten die Empfindlichkeit für Verstimmungen der Oktave. Es geschah das nicht durch Reproduktion der reinen Oktave und Vergleich mit ihr, sondern bei dem vergrößerten Intervall machte sich Schärfe, Spannung bemerklich. bei verkleinertem Mattigkeit, Schalheit, bei reinem endlich Lust. Beim Vergleich von Raumgrößen fand *Schumann* häufig den Eindruck des Herausschneidens oder Zusammenschrumpfens als Kriterium der Größe. *Martin* und *Müller* fanden, daß das Urteil über das Gewicht häufig nicht auf Vergleichung beruht, sondern auf dem absoluten Eindruck der Leichtigkeit oder Schwere.

Genauer fand *Schumann* auf der zweiten größeren Strecke ein Mittelstück von der Länge der ersteren unverändert. die überragenden Enden verändert. dicker. schwärzer oder aufmerksamkeitsbetont. als ob vom Mittelstück nach den Enden ein Bewegungseindruck husche. Es bleibt also von der ersten Strecke eine unbewußte Nachahmung, die die Auffassung der zweiten verändert. Eine auffallende Bestätigung dieses Verhaltens gewann *Jaensch* (1920) bei Eidetikern: da erwies sich die Schrumpfungs- oder Ausdehnungsbewegung. durch die die zweite Strecke zu entstehen schien, als wesentlich. Sie ist von derselben Art wie die Scheinbewegungen. wenn sehr schnell nacheinander eine kürzere und längere Strecke sich folgen. nur daß sie auch bei langer Zwischenzeit bestehen. Ähnliches tritt auf. wenn Gerade verschiedener Neigung verglichen werden (Drehung); desgleichen. wenn verschiedene Helligkeiten sich folgen (Verdunklung. Aufhellung). Die Übergangserlebnisse sind um so deutlicher. je mehr die Vergleichungsabsicht herrscht. Die Aufhellung ist gleichartig, wenn sie von Schwarz zu Grau oder von Grau zu Weiß geht. Man kann Hühner abrichten. daß sie auf einer Fläche, die teilweise schwarz. teilweise grau ist, nur von der grauen Fläche picken; dann tun sie es auf der zwischen grau und weiß geteilten Fläche nur von dem weißen Teil. offenbar im Sinne des gleichen Übergangserlebnisses. Dasselbe war auf verschieden große Quadrate und Winkel anwendbar, aber nicht auf Längen. Wenn im Erwachsenen diese Erlebnisse undeutlicher sind, folgt nicht. daß sie bei ihm nicht wirken: denn Ähnliches gilt auch sonst. Bei Annäherung eines Fadens. der durch eine Röhre einäugig beobachtet wird. wird aus dem dicker erscheinen geurteilt; bei einer scharfen Kante fällt das aus. Also obwohl die Querschnittsänderung nicht als solche bemerkt wird, kann sie doch das Entfernungsurteil bestimmen.

Die Benutzung der Nebeneindrücke zum Vergleich muß sich nach *Schumann* allmählich entwickelt haben. Das Kind bildet etwa durch Beobachtung beim Aufeinanderlegen der zu vergleichenden Längen die Urteile „größer", „kleiner", „gleich". Bei unwillkürlichem Nacheinanderfixieren derselben Gegenstände entstehen dann auch jene Nebeneindrücke und werden mit dem vorher gewonnenen Vergleichungsurteil assoziiert. Bei langer Übung können schließlich auch diese Nebeneindrücke in den Hintergrund treten, so daß sie schwer innerlich zu beobachten sind.

2. Die direkte Relationserkenntnis. Man kann den Simultanvergleich und den Sukzessivvergleich unterscheiden. Beim Simultanvergleich wird das Verhältnis direkt wahrgenommen, z. B. die Ähnlichkeit zweier Farben. Man kann diese Ähnlichkeit auffassen entweder als etwas zwischen den Farben Bestehendes oder als in einer Farbe zur andern gerichtet. Im zweiten Falle (Ähnlichkeit des *B* zu *A*) geht die geistige Aufmerksamkeit auf *B*; darauf baut sich die Beziehung auf; nach *A* geht ein Richtungsbewußtsein.

Beim Sukzessivvergleich stützt sich nach *Brunswig* das Urteil auf die Wahrnehmung der Relation des zweiten Gliedes zum ersten, ohne daß das erste noch aktuell im Bewußtsein gegenwärtig wäre: es ist nur latent bewußt. Ein Beobachter gab zu, daß beim Sukzessivvergleich die besten Urteile unmittelbar nach der Wahrnehmung des zweiten Reizes gebildet werden. Die Versuchspersonen meinten deshalb oft, das Urteil stütze sich bloß auf den zweiten Reiz oder auf Nebeneindrücke. Das erste ist hier sicher ungenügend. Es ist undenkbar, eine direkte Wahrnehmung des Verhältnisses von *B* zu *A* zu erleben und trotzdem nicht das *A* bewußt zu haben, die Richtung nach *A* zu sehen, ohne das Ziel, wohin sie zeigt. Demgegenüber ist die Wahrnehmung eines Nebeneindruckes, der erfahrungsgemäß mit diesem Urteil verbunden ist, wenigstens denkbar. — Verständlicher ist die Erklärung, welche *Stern* (Psychologie der Veränderungsauffassung) über die latente Reproduktion gibt. Bisweilen wird eine Veränderung aufgefaßt, ohne daß die erste Phase bewußt wird. Da gelangt vielleicht von der früheren Phase bloß das mit der jetzigen Phase Übereinstimmende zum klaren Bewußtsein. Das andere, nicht Übereinstimmende hemmt sich mit dem Gegenwärtigen, bringt so Unruhe hinein. Das mag zur Veränderungsauffassung genügen. Häufig ist das vermittelnde Glied nicht eine Vorstellung, sondern ein Gefühlselement, das durch physiologische Dispositionen genügend angeregt sein kann, wie die Vertrautheit oder Fremdheit. Nach *Benussi* mag es genügen, daß das erste Glied unanschaulich im Bewußtsein vorliegt. Vielleicht findet das Berechtigte von *Brunswigs* Gedanken eine verständlichere Darstellung oder Weiterentwicklung in der Lehre von den Bewußtseinsstufen bei *Westphal* (worüber später).

3. Der Verlauf des Vergleichsprozesses. Für einen Vergleich muß zunächst die Aufgabe verstanden werden. Dann tritt eine Einstellung auf diese Vergleichsart ein, die längere Zeit bleibt. Auf Grund der Einstellung reagiert man scheinbar automatisch, weshalb man oft irrig meinte, das Urteil sei eine bloße passive Wirkung der Vergleichsreize. Für die Vergleichung werden die Objekte aufmerksam betrachtet. Zum Vergleichen wird diese Aufmerksamkeit aber erst durch die Absicht auf die Erfassung des Verhältnisses; dabei erfaßt man jedes Objekt sofort mit Rücksicht auf das andere. Diese beziehende Rücksicht zeigt sich klar, wo keine Ein-

stellung voranging, z. B. wenn nach einer beliebigen Wahrnehmung unvermutet gefragt wird, wie sich dieses Objekt zu einem andern verhält: da sehe ich mir dann das Objekt von neuem ganz anders an. Die wesentliche Frage ist immer, ob in der verglichenen Beziehung eine Veränderung des Bewußtseinszustandes beim Übergang vom einen auf das andere bemerkt wird; das Bemerken der Verschiedenheit ist etwas Unmittelbares. Das gleiche gilt von der Schätzung des Größerseins in irgend einer Hinsicht.

Bei Vergleichungsversuchen wird schon das erste Objekt nicht passiv hingenommen, sondern die betreffende Hinsicht beachtet, etwa im Sinnengedächtnis eingeprägt oder durch ein abstraktes Wissen seiner Beschaffenheit oder in Nebeneindrücken, innerlichen Schemata, Symbolen usw. In der Pause verschwindet gewöhnlich das aktuelle Bewußtsein. Die Pause kann auch dazu dienen, sich den ersten Reiz zu wiederholen, besonders wenn man mit seiner Verarbeitung nicht fertig geworden ist. Das zweite Objekt verdrängt dann meist das etwa vorhandene Erinnerungsbild und wird sofort mit beziehender Rücksicht auf das vorhergehende betrachtet. Ist die Relation hinreichend auffällig, so tritt ihre Wahrnehmung sofort nach *B* als passives Erlebnis auf ohne erneute Erinnerung an *A*. Bisweilen aber muß man erst mehrere Male hin und her wandern. Auch können Gedächtnisbilder benutzt werden, besonders bei stark visuellem Typus. Einige ordnen die Eindrücke in eine Skala ein und lesen dann das Verhältnis aus der Skala ab. Andere Male wird der Eindruck gattungsmäßig erfaßt und auf Grund dessen geurteilt. Nach *Gemelli* verändert sich die Grundlage des Vergleichsurteils ganz gesetzmäßig mit zunehmender Schwierigkeit: ist die Aufgabe sehr leicht, so hat man eine unmittelbare Vergleichswahrnehmung; bei größerer Schwierigkeit tritt die Benutzung des Gedächtnisbildes, dann die mittelbare von Schemata und Symbolen usw. ein.

Pikler (Empfindung und Vergleich. in ZPs 67, 277 ff.; 69, 1 ff.) findet, daß die zweite Empfindung dem Vergleichsurteil um nichts vorauszugehen braucht, sondern gleichzeitig da ist. Er erhielt oft die Angabe, das Relationsbewußtsein sei mit dem zweiten Schlage, ja im Übergang zu ihm vorhanden. Nach seiner Anschauung entsteht die Vergleichserkenntnis nicht gewissermaßen als Subtraktion der zweiten von der ersten Empfindung, sondern umgekehrt entsteht die zweite Empfindung so, daß zum Inhalt der ersten der Unterschiedsinhalt hinzukommt. — Die wahre Grundlage dieser unglaublich klingenden Lehre ist wohl, daß unter Umständen, besonders bei lebhafter Einstellung auf die Vergleichung, die Vergleichserkenntnis vor allem das Bewußtsein erfüllt und die zweite Empfindung als solche vielleicht zurückdrängt (Zeitverschiebung). Daß aus dem bloßen zweiten Reiz heraus zuerst die Größer-Erkenntnis bewußt werde noch vor der zweiten Empfindung, ist mindestens unwahrscheinlich, wenn es auch nicht denkunmöglich ist. *Pikler* hat seine Lehre in seinen „Sinnesphysiologischen Untersuchungen" vertieft und auf alle möglichen Gebiete angewandt. Er vertritt eine Theorie, wonach die Empfindung nicht von außen verursacht, sondern vom Organismus in Gegenwirkung gegen den Reiz gebildet wird. Der Organismus ist beständig in Bereitschaft, halluzinatorisch jede Empfindung zu wiederholen, wenn er sich nicht zurückhält, was ein negatives Sinnesurteil liefern soll usw. Diese Theorien sind von allen psychologischen Erklärungen so weit entfernt und so schwer verständlich, daß ihre Widerlegung nicht Sache eines Lehrbuches sein kann.

Die Benutzung der Nebeneindrücke. Man beurteilt etwa zwei Tonhöhen nach der verschiedenen Kehlkopfspannung. Zu dieser Methode kann veranlassen, daß die Nebeninhalte auffälliger sind, sich besser behalten lassen usw. Der notwendige Zusammenhang kann im Organismus selbst begründet sein oder in einer festen Assoziation usw. Etwas anderes sind die Nebeneindrücke beim zweiten Objekt allein, die dadurch entstehen, daß ein anderer Inhalt vorher aufgefaßt wurde, der zum gegenwärtigen in einer bestimmten Relation steht. So beim Vergleich von Zeiten und Gewichten, besonders wenn man sich an einen Normalreiz angepaßt hat. Dann tritt je nach dem Verhältnis des zweiten Reizes zur Anpassung ein Nebenerlebnis ein, das das Urteil auslösen kann, z. B. bei Zeitstrecken die Überraschung, bei schweren Gewichten das Klebenbleiben am Boden. Solche Urteile erscheinen leicht als blind oder mechanisch ausgelöst.

Der „absolute Eindruck" kann meinen: a) die Kategorie, zu welcher ein Eindruck gestellt wird, überhaupt genommen, z. B. daß er schwer erscheint; b) oder das besonders Auffallende dieses Eindrucks. Das letztere beruht also auf Kontrast, der absolute Eindruck ist dann in Wirklichkeit doch relativ. Der Eindruck tritt um so leichter ein, wenn ein konstanter Normalreiz oft wiederholt wurde und die Abstände der Vergleichsreize von ihm gut merklich sind; da bilden sich Assoziationen zwischen den Vergleichsreizen und dem Range in der Reizreihe (*Scholl*).

G. E. Müller hat die Rolle des absoluten Eindruckes und die damit zusammenhängenden Erscheinungen zuerst eingehender beschrieben. Nach ihm ist schon dadurch, daß von zwei Gewichten das zweite als schwer erscheint, eine Neigung da, es schwerer zu nennen. Z. B. nach „A = sehr klein; B = klein" ist man bisweilen geneigt zu urteilen: „B = kleiner". Indessen liegt in solchen Fällen einfach ein Versehen vor, das nicht sehr häufig sein wird. Gewöhnlich wird sich der absolute Eindruck auf die vorhergenannte Art rechtfertigen lassen. *Müller* unterscheidet weiter die „generelle Urteilstendenz", daß Urteile leichter richtig gefällt werden, wenn der Vergleichsreiz erst an zweiter Stelle kommt. Dasselbe ist auch bei andern Urteilsmotiven erklärlich, weil der wichtigere Vergleichsreiz, wenn er an erster Stelle kam, oft nicht mehr gegenwärtig sein wird. — Eine andere damit zusammenhängende Tatsache sind die Typen. Starke Menschen sind geneigt, jedes Gewicht leicht zu nennen, schwache dagegen schwer. Dadurch findet eine gewisse Bevorzugung von Urteilen statt. Weiteres Material bietet *Katz*.

Bei absichtlichen Vergleichungen tritt mit der Erfassung der Relation meist die Äußerung des Urteils ein. Bisweilen merkt man die Verschiedenheit der Tonhöhe, aber nicht, welcher Ton höher ist; dann sucht man sich den Sinn dieses Verhältnisses klarer zu machen. Ist zwischen größer und viel größer zu entscheiden, so tritt gewöhnlich ein Nebenvergleich ein; man erinnert sich an ein vorhergehendes Paar, das man beurteilt hat, und bestimmt mit seiner Hilfe das gegenwärtige Urteil.

Es gibt auch Relationsurteile, besonders häufig im gewöhnlichen Leben, die nicht auf einem eigentlichen Vergleich beruhen. Das Relationserlebnis kann unwillkürlich eintreten, wenn die Relation auffällig genug ist. Es ist nicht nötig, daß man da noch mit der Aufmerksamkeit zwischen ihnen hin und her geht. Das kommt nur bei erschwertem Verfahren vor. Deshalb findet sich in den Experimenten das Vergleichen so selten.

Benussi erwähnt einige Fehlerquellen der Vergleichung: a) Die Beeinflussung durch gegebene Sinneseindrücke. Bei konstanter Aufmerksamkeitseinstellung kann die Feinheit der Vergleichung von Zeitstrecken scheinbar erhöht werden, während der wahre Grund eine physiologische Einstellung ist. b) Es kann eine Gestalt produziert werden, zu der das eine oder beide der zu vergleichenden Glieder gehören: die Zeitstrecke, deren Endpunkte zusammengefaßt werden, wird subjektiv verkürzt. c) Die Aussage kann sich auf vorschriftswidrige Eigenschaften stützen, die den richtigen unterschoben werden, besonders wenn sie auffälliger sind.

4. Einige Beispiele von Relationserlebnissen. Das Identitätsbewußtsein: Psychologisch ist es ein Unterschied, ob ich zwei Farben als gleich erkenne oder in beiden dieselbe Farbe sehe; im ersteren Falle denke ich an die zwei Farben, im letzteren an die in beiden vorkommende Gattung.

Das Gleichheitsbewußtsein. Die Grundlagen des Gleichheitsurteils können sehr verschieden sein: bisweilen ein positiver Gleichheitseindruck, wobei gewöhnlich Lust, Organempfindungen usw. hervorgehoben werden; oder das Wiedererkennen, der Eindruck: bei *B* kehre dasselbe wieder, das bei *A* dagewesen; oder das Bewußtsein des fehlenden Unterschieds, wo das Urteil meist den Sinn der Unentschiedenheit hat; oder Nebeneindrücke, wie ein rhythmisches Gefühl, die Klarheit des Vergleichsobjektes, das Gefühl des Passens usw.

Das Ähnlichkeitsbewußtsein. Dafür ist wesentlich, daß die etwa gleichen Teile nicht gesondert erfaßt werden. *Mach* zeigte zuerst, daß die geometrisch ähnlichen Gebilde nicht unter allen Umständen auch optisch ähnlich seien. Er verlangt zu letzterem, daß alle homologen Richtungen parallel laufen. Gewisse Orientierungen machen die Gestaltvergleichung besonders leicht, so die parallele und die symmetrische. *Bühler* hat gezeigt, daß der Ähnlichkeitsvergleich bei der Erkennung der Proportionalität eine besondere Bedeutung gewinnt; derselbe kann ebenso fein oder feiner sein als die gewöhnliche Gleichheitsvergleichung.

Es gibt zwei Proportionseinstellungen: a) Ist etwa beim Rechtecksvergleich (S. 266) die Auffassung des Hauptrechtecks (Seiten a und b) gelungen, so hat der Beobachter die Einstellung auf das Verhältnis ($a : b$) der beiden Teilgrößen; das tritt dann beim Vergleichsreiz in Tätigkeit; b) oder man verwertet das Verhältnis der beiden ersten Glieder der zwei Rechtecke ($a : c$). *Segal* bezeichnet es als Angleichung. Dies bewirkt, daß der Vergleichsreiz mit einem andern Maßstab gemessen wird als der Hauptreiz. Die Angleichung kann bei starker Abstraktion dazu führen, daß der Unterschied ganz aus dem Bewußtsein verschwindet. Andere Beispiele solcher Proportionsvergleichungen sind: die Änderung der scheinbaren Lautheit eines Tones, je nachdem die Tonquelle nahe oder fern lokalisiert wird: oder die von *Katz* untersuchte Tatsache, daß die Verschiedenheit der Beleuchtungsstärke in den verschiedenen Teilen des Zimmers in den Helligkeitseindrücken der Farben mitberücksichtigt wird (*Bühler*).

Das Verschiedenheits- und Kontrastbewußtsein beruht ebenfalls auf unmittelbarer Wahrnehmung, ist ein positives Erlebnis. Das Verschiedenheitsurteil kann aber auch auf anderem beruhen, auf dem Wissen, daß ein Merkmal fehlt, auf dem Charakter der Neuheit, auf Nebeneindrücken. Wir erkennen etwa die Veränderung des Zimmers, ohne zu wissen, worin sie besteht. Also ein komplexer Gegenstand ist ein neuer einheitlicher Gegenstand. Das Bewußtsein vom Komplex als Ganzem besteht nicht aus dem Bewußtsein der Summe der Teile.

Das Bewußtsein der Steigerung. Man erlebt den Übergang als den Schritt auf das eine oder das andere Ende der Qualitätenreihe hin. Die quantitative Steigerung begreift sich leicht: eine Größe ist quantitativ mehr als eine andere, wenn sie diese ist und außerdem noch etwas darüber enthält: $3 > 2$. Ganz anders

ist es mit der qualitativen Steigerung, der helleren Farbe, der größeren Freude, wo man an die verschieden großen Reize nicht denkt. Einige wollen auch diese Steigerung als quantitativ fassen; sie behaupten, die eine Qualität sei etwa dreimal so groß wie die andere. Andere leugnen das Bestehen qualitativer Steigerung. Man läßt nur Ähnlichkeit und Verschiedenheit zu und erklärt den Eindruck der Steigerung aus dem Hineinspielen fremder Verhältnisse. Nach *Bergson* ist das stärkere Gefühl nur qualitativ verschieden, aber es ergreift eine größere Vielheit psychischer Elementarprozesse, und diese quantitative Steigerung wird dunkel miterfaßt. Bei Helligkeit, Schwere, Wärme dagegen sehen wir das quantitative Verhältnis ihrer Ursachen mit hinein. Auch *Ebbinghaus* glaubt, von zwei Helligkeiten sei die eine nie ein Mehr, sondern nur etwas anderes. Erst der Gedanke an den Reiz bringe das Mehr hinein.

Indessen sind, wie *Brunswig* bemerkt, die Vergleichsurteile über größere Helle, Schwere usw. unabhängig von dem Gedanken an die Reize. Wie könnte ich auch sonst einen Geruch für stärker als einen andern halten? Wir meinen mit unserem Urteil zunächst ein Verhältnis der Helligkeits- und Schwerequalitäten selbst. Also die qualitative Steigerung ist etwas Ursprüngliches. Nur folgt daraus nicht, daß sie etwas mathematisch Faßbares sei. Eine Qualität kann stärker sein, ohne so und so vielmal stärker zu sein. Jedenfalls lassen sich viele Inhalte in Steigerungsreihen einordnen. — Man wird einen Teil dieser Analyse anzuerkennen haben: die Tatsache der qualitativen Steigerung ist richtig hervorgehoben. Nur werden zwei Dinge nicht genügend auseinandergehalten: einmal ob die qualitative Steigerung das So-und-so-vielmal-stärker ausschließe, und ferner, ob dieses So-und-so-vielmal-stärker direkt beobachtet werden könne. Alle, auch die Psychophysiker, leugnen das letztere; aber dadurch wird über das erstere noch nicht entschieden. Wir kommen in der Psychophysik auf den Streitpunkt zurück.

Das Bewußtsein von Verändertheit und Konstanz. Die Verändertheit hat als Vorläufer oft das Bemerken, daß das Objekt in eigentümlicher Weise die Aufmerksamkeit fesselt. Die Veränderung im Ganzen kann bemerkt werden, ohne die Art der Veränderung zu erkennen. Eine Verändertheit ist mehr als eine Verschiedenheit, nämlich ein Wechsel an demselben Objekt. Das Bewußtsein der Konstanz ist das Erblicken von Gleichheit statt Verschiedenheit.

Vierter Abschnitt[1].

Psychophysik.

Literatur. *Fechner,* Elemente der Psychophysik, 2 Bände. 1860. — *G. E. Müller,* Zur Grundlegung der Psychophysik, 1878. — Aus *G. F. Lipps,* Grundriß der Psychophysik (1899) 39—71. — *G. E. Müller,* Die Gesichtspunkte und Tatsachen der psychophysischen Methodik, in *Asher* und *Spiro,* Ergebnisse der Physiologie II, 2, 1903. — *G. F. Lipps,* Die Maßmethoden der experimentellen Psychologie, in ArGsPs 3 (1904 153 ff. — *A. Lehmann,* Lehrbuch der psychologischen Methodik, 1906. — *Urban,* Die psychophysischen Maßmethoden als Grundlagen empirischer Messungen, in ArGsPs 15 (1909) 261 ff.: ders., Über die Methode der mehrfachen Fälle. ebd. 17 (1910) 367 ff. — *Wirth,* Die mathematischen Grundlagen der sog. unmittelbaren Behandlung psychophysischer Resultate, in PsSd 6 (1910) 141 ff.; ders., Psychophysik, 1912.

Erstes Kapitel.

Die psychophysische Methodik.

(Besonders nach *Müller,* Gesichtspunkte.)

§ 1. Die Anwendungsgebiete der Methoden.

Fechner bezweckte mittels der psychophysischen Methoden vor allem, die psychischen Erscheinungen zu messen, um sie jederzeit quantitativ ausdrücken zu können. Das erschien ihm als die Grundlage für eine exakte experimentelle Psychologie. Das notwendige Mittel dafür war ihm, die Abhängigkeit der Empfindungsgrößen von den physikalischen Reizen (die ja gut meßbar sind) in einem Gesetz festzulegen. Aus diesem Grunde bildete er die verschiedenen Methoden sorgfältig aus, die den Zusammenhang zwischen Reiz und Empfindung festlegen könnten.

Fechner zählte drei Methoden; von andern Forschern wurden sie noch vermehrt; dabei wurde aber nicht genügend zwischen den Verschiedenheiten des Inhaltes und des Verfahrens unterschieden. Wir unterscheiden die beiden Fragen: Was beabsichtigt die Psychophysik im einzelnen zu messen? Ferner: Auf welchem Wege, nach welcher Methode führt sie diese Messung aus?

Eine allgemeine Teilung der Anwendungsgebiete gewinnt *Lehmann* auf folgende Weise: Entweder ist ein psychischer Zustand P von einem quantitativ abstufbaren äußern Umstand R abhängig (also mathematisch gesprochen eine Funktion von ihm: $P = f\ [R]$), oder der psychische Zustand P beeinflußt eine äußere meßbare Größe B (also: $B = F\ [P]$). Der Zweck der Messung ist in beiden Fällen, zwei einander entsprechende Reihen der P-Werte einerseits und der R- oder B-Werte

[1] Der vierte Abschnitt und im besondern sein erstes Kapitel können ohne wesentliche Störung für den Zusammenhang bei der ersten Durchsicht übergangen werden.

anderseits zu erhalten, die in einer Tabelle vereinigt werden. Daran schließt sich eine Rechnung, um aus den durch Beobachtungsfehler entstellten Messungsergebnissen möglichst fehlerfreie Resultate herzuleiten, und schließlich womöglich die Art der Abhängigkeit zwischen dem körperlichen und psychischen Zustand in einem Gesetz, einer Formel auszudrücken.

Das Wichtigste sind für uns die Messungen der ersten Art, die psychophysischen Methoden im engeren Sinne, d. h. die Messungen von Empfindungsgrößen mit Hilfe der zugehörigen Reize. *Müller* (§ 1) teilt die Anwendungsgebiete der Methoden in folgende vier Klassen. Es kann sich handeln um:

1. die Bestimmung von absoluten Schwellen. Welche Stärke muß etwa der Reiz haben, um eben eine Empfindung auszulösen? Das wäre die Reizschwelle. Welche Stärke muß ein farbiges Licht haben, um eben als farbig zu erscheinen? Das ist die spezifische Schwelle. Allgemein ist die Frage: Welchen Wert muß die Reizstärke, die Schwingungszahl, die Zeitdauer oder eine sonstige Eigenschaft eines Reizes überschreiten, damit die Empfindung selbst oder eine bestimmte Eigenschaft der Empfindung eben merklich wird, eben erkannt werden kann? Die Schwelle bedeutet ja allgemein einen niedersten Reizwert, durch den ein gewisser Vorgang erstmals ausgelöst wird, während er bis dahin noch nicht vorhanden war.

2. die Bestimmung der Unterschiedsschwelle. Bringt etwa ein Reiz eine bestimmte Empfindung hervor und ein etwas größerer Reiz eine andere Empfindung, die von der ersten eben unterschieden werden kann, so nennt man die dazu nötige Reizzunahme die Unterschiedsschwelle, und zwar die obere Unterschiedsschwelle; die untere Unterschiedsschwelle würde der eben merklichen Abnahme des Reizes entsprechen. Muß man beispielsweise zur Helligkeit 1000 noch 50 hinzufügen, um eben den Eindruck einer größeren Helligkeit zu haben, so ist 50 die obere Unterschiedsschwelle. Ein anderer Fall ist die Überschwelle: die Reizdifferenz, welche nötig ist, damit man den Unterschied auffallend merklich finde. Allgemein ist Unterschiedsschwelle derjenige Unterschied zweier Reize, in betreff der Stärke, Schwingungszahl, Zeitdauer, räumlicher oder zeitlicher Beziehungen usw., der erforderlich ist, damit (aus der bloßen subjektiven Vergleichung) der Unterschied der Empfindungen überhaupt oder eine gewisse Eigenschaft dieses Unterschiedes (etwa seine Richtung) erkannt werden kann.

3. die Bestimmung gleichwertiger (äquivalenter, genauer gesagt: gleichwertig erscheinender) Reize unter verschiedenen Umständen, z. B. auf verschiedenen Gebieten des Sinnesorgans. Z. B. wie groß muß der Spitzenabstand an zwei verschiedenen Hautstellen sein, damit sie einander gleich erscheinen? Welches sind die Tonstärken zweier Töne, die den beiden Ohren vorgeführt gleich stark erscheinen? Hierhin gehört die früher (S. 349) beschriebene Methode der Äquivalente.

4. die Bestimmung gleichwertiger Reizunterschiede. Es werden etwa drei Helligkeiten *a, b, c* dargeboten, und es soll beurteilt werden, ob der Abstand *a b* gleich, größer oder kleiner ist als *b c*. Allgemein sucht man Reizunterschiede herzustellen, die gleich groß erscheinen.

Ein neues Anwendungsgebiet haben die Versuche *Bühlers* (S. 266) in der Bestimmung zweier gleichwertig erscheinender Verhältnisse eröffnet. Freilich handelt es sich dabei, wie auch schon in einigen der vorigen Beispiele, nicht mehr um die Empfindungsintensität, sondern um extensive Eigenschaften, um räumliche Ausdehnungen oder Zeitlängen.

Durchaus verschieden von dieser Frage nach den Anwendungsgebieten oder zu messenden Objekten ist die Frage nach dem anzuwendenden Verfahren, zu dem wir jetzt übergehen.

§ 2. Die Hauptmethoden.

Müller unterscheidet drei Hauptmethoden, die wir der folgenden Darstellung zu Grunde legen: 1. die Herstellungsmethode, bei der die Versuchsperson selbst durch stetige Veränderung des Vergleichsreizes diesen einem normalen Reiz bestmöglichst gleichzumachen sucht; 2. die Grenzmethode, bei der der Vergleichsreiz in kleinen festen Stufen abgeändert wird, bis das gesuchte Urteil zum ersten Mal erfolgt; 3. die Konstanzmethode, bei der eine Anzahl fester Paare von Reizen miteinander verglichen und aus den so gewonnenen Urteilen weitere Schlüsse gezogen werden. Wir besprechen zunächst genauer die Verfahrungsweisen selbst, darauf ihre Verwendung zur Berechnung.

1. Die Herstellungsmethode, genauer: die Methode der bestmöglichen Herstellung ist in gewisser Beziehung das natürlichste, nächstliegende Verfahren. Man probiert hin und her, bis man den gesuchten Punkt der Gleichheit, des ebenmerklichen Unterschiedes usw. in befriedigendster Weise erreicht hat. Die Methode läßt sich auf alle vier Anwendungsgebiete übertragen. So kann man durch Hin- und Herprobieren den ebenmerklichen Reiz aufsuchen lassen, oder den ebenmerklich größeren Reiz, oder den eben gleich erscheinenden Reiz, oder endlich einen Reizunterschied, der einem andern gegebenen gleich erscheint. Wesentlich ist dieser Methode, daß der Reiz sehr fein, ja stetig abgestuft werden kann, und daß die Versuchsperson selbst die Einstellung übernimmt. Die Methode wurde von *Fechner* in die Psychophysik eingeführt als „Methode der mittleren Fehler“. Es sei beispielsweise eine gesehene Länge von $a = 500$ *mm* möglichst genau nachzumachen. Dann wird jedesmal ein kleiner Fehler begangen werden. Es werden etwa in Wirklichkeit Längen von 505, 493, 509, 490 . . . *mm* hergestellt. Aus allen diesen gefundenen Werten wird das arithmetische Mittel a_0 berechnet, das im allgemeinen nicht mit der Normalgröße a übereinstimmen wird. Dann ist die Differenz beider $(a_0 - a)$ der „konstante Fehler“, der zeigt, ob die Normalgröße im ganzen überschätzt oder unterschätzt wird. Die Abweichungen aller gefundenen Werte von diesem Mittel (d_1, d_2, d_3 usf.) können als die zufälligen Beobachtungsfehler aufgefaßt werden, die „variablen Fehler“. Das Mittel dieser variablen Abweichungen, der sog. „mittlere Fehler“ *Fechners*, ist:

$$d_m = \frac{1}{n} \cdot Sd$$

(wobei n die Anzahl der Messungen, Sd die Summe aller einzelnen Abweichungen, ohne Berücksichtigung ihrer Vorzeichen).

Fechner nahm an, daß dieser mittlere Fehler der Unterschiedsschwelle proportional sei. Der Irrtum, den man begeht, kommt ja daher, daß man nicht jeden kleinsten Fehler bemerkt, sondern nur denjenigen, der die Unterschiedsschwelle überschreitet; ist also diese Schwelle groß, so wird auch der mittlere Fehler groß sein. *Müller* verwirft diese Annahme (ebenso *Lipps*): wenn auch der mittlere Fehler und die Unterschiedsschwelle einen einigermaßen gleichlaufenden Gang haben, so beweist das noch keine strenge Proportionalität. Auch sonst findet *Müller* die Methode wenig empfehlenswert, weil ihr die nötige Durchsichtigkeit und Nachahmbarkeit fehle. Über die Art, wie die Versuchsperson zu einem Endresultat gekommen sei, wisse man eben gar nichts: ob sie oft genug probiert habe, ob sie nur von einer Seite her gekommen sei usw. *Lipps* dagegen findet diesen Mangel der Durchsichtigkeit nicht notwendig an die Methode gebunden, vorausgesetzt daß man jedesmal so lange abändert, bis der höchste Grad der Sicherheit in der Beurteilung der Gleichheit eingetreten ist. Nach ihm verhält sich das Material dieser Methode so, als ob man bei der Konstanzmethode nur die Gleichheitsfälle berücksichtigte.

Stephanowitsch (PsSd 8 [1913]) zeichnete bei der Herstellungsmethode die Einstellungsbewegungen genau auf und prüfte dasselbe Material auch mit der Konstanzmethode. Das subjektive Verfahren war bei der Herstellungsmethode verschieden. Die einen prüften bei den kleiner werdenden Verschiedenheiten immer länger, was die Aufmerksamkeit ermüdet. Ein assimilativer Typus dagegen geht in großem Sprunge an die vermutliche Gleichheitsstelle, und wenn sie noch nicht erreicht ist, in kleinen Sprüngen weiter, wobei Gefahr besteht, daß bei der längeren Vergleichung Gleichheit hineingesehen wird. Ein anderer stetig fortschreitender Typus geht nach dem ersten großen Sprung in kleinen Sprüngen weiter, aber mit nur kurzer Dauer der einzelnen Einstellungen, was günstig ist. Ein letzter Typus probiert zwischen den zwei Grenzen klarer Verschiedenheit hin und her. Nach *Stephanowitsch* ist zuzugeben, daß bei dieser Methode einzelne Teilgebiete viel mehr untersucht werden als andere. Aber das kann man als berechtigte Eigentümlichkeit dieser Methode betrachten, die sich nicht mit ungleichen Reizen überflüssig aufhalten will. Die Hauptwerte waren übrigens mit denen der Konstanzmethode sehr gut vergleichbar. Wenn er meint, die Methode sei auch leicht nachahmbar, so gilt das freilich nur, wenn man die Bewegungen mit verzeichnet, was die Methode ihres Hauptvorzuges, der Einfachheit, berauben würde. Auch gibt *Stephanowitsch* zu, daß nicht bei jedem Typus der Versuchsperson die Methode mit der Konstanzmethode vergleichbar bleibt. — Nach allem liegt der Hauptwert dieser Methode in einer schnellen ersten Orientierung.

In anderer Weise sucht *Lehmann* die Durchsichtigkeit des Verfahrens zu sichern (§ 18): Er läßt die Versuchsperson bei jeder Messung nur in einer konstanten Richtung stetig voranschreiten, bis die Grenze des Intervalls der Gleichheit erreicht ist. Auf diese Weise fällt das Verfahren zum großen Teile mit der folgenden Grenzmethode zusammen.

2. Die Grenzmethode. Früher wurde sie oft Methode der Minimaländerungen genannt; die Bezeichnung Grenzmethode stammt von *Kräpelin.* Der endgültige Wert des veränderlichen Reizes wird hier bestimmt durch gleich viele aufsteigende wie absteigende Änderungen dieses Reizes in Stufen, beide fortgesetzt bis zur Erreichung oder ersten Überschreitung des gesuchten Punktes: der Grenze.

Es handle sich etwa um die Bestimmung der oberen Unterschiedsschwelle des Hauptreizes $H = 500$. Dann fängt man mit einem Vergleichsreiz V an, der sicher größer als H erscheint, etwa mit $V = 580$, und bietet H und V zur Vergleichung. Das Urteil wird lauten: V größer. Nun ver-

kleinert man den Vergleichsreiz der Reihe nach in kleinen Stufen und läßt jedesmal mit dem Hauptreiz vergleichen. Beim ersten Vergleichsreiz, wo nicht mehr V größer erscheint, wird angehalten. Da ist die Grenze von oben kommend erreicht; das Größersein des Vergleichsreizes ist dort eben unmerklich geworden. Dieser Punkt wird als „Grenze von oben kommend" verzeichnet. Die notwendige Ergänzung dieses absteigenden Verfahrens ist ein aufsteigendes; man beginnt dafür mit einem Reiz, der sicher noch nicht größer erscheint als H, etwa mit 510. Diesen Vergleichsreiz erhöht man dann in kleinen Stufen, bis man jenen Reiz erreicht, bei dem zum ersten Mal das Urteil größer auftritt, den Punkt der Ebenmerklichkeit. — Dieses Verfahren der auf und ab steigenden Reihen wird oft wiederholt. Aus allen so gewonnenen Endpunkten wird schließlich das arithmetische Mittel genommen, und dieses gilt als der Durchschnittswert der oberen Unterschiedsschwelle.

Die Methode läßt sich durch ein Diagramm (nach *Külpe*) veranschaulichen. *a b* (in Fig. 58) bedeutet das erste absteigende Verfahren; dasselbe beginnt in *a*, geht in den folgenden Punkten weiter, bis der Punkt der Ebenunmerklichkeit erreicht ist, nämlich *b*. *c d* bedeutet ähnlich das erste aufsteigende Verfahren usw. Die Abszissenachse bedeutet den Normalreiz, die Erhebung darüber die Vergleichsreize.

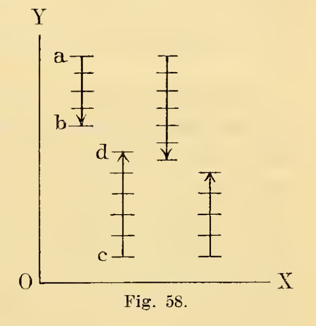


Fig. 58.

Die Grenzmethode läßt sich auf alle vier Anwendungsgebiete übertragen. So beginnt man für die Reizschwelle beim absteigenden Verfahren mit einem Reiz, der noch sicher eine Empfindung auslöst, und verringert ihn, bis er eben nicht mehr bemerkt wird; dann beginnt man von unten kommend mit einem unmerklichen Reiz und steigert ihn bis zu einem Punkte der Merklichkeit. — Werden gleichwertige Reizunterschiede gesucht, z. B. zu zwei Reizen r_1 und dem höheren r_2 die subjektive Mitte r_m (d. h. so daß der Abstand von r_1 bis r_m gleich groß erscheint, wie der von r_m bis r_2): dann nimmt man zunächst ein r, zwischen r_1 und r_2 gelegen, das sicher näher an r_2 liegt, und geht von da in kleinen Stufen abwärts, bis sein Abstand von r_2 nicht mehr kleiner erscheint als derjenige von r_1. Im ansteigenden Verfahren beginnt man mit einem r, das sicher näher an r_1 liegt usw. Das Mittel aller Endpunkte gibt wieder das gesuchte r_m.

St. Kobylecki (PsSd 1 [1906]) findet beispielsweise beim Drucksinn vier verschieden große Unterschiedsschwellen: Bei der kleinsten bemerkt man bei objektiver Druckzunahme eine Verschiedenheit, ohne ihre Richtung angeben zu können; bei der nächst höheren wird die Reizzunahme als solche bemerkt, auf der dritten bei objektiver Druckabnahme eine Veränderung ohne Erkenntnis ihrer Richtung, endlich bei der höchsten die Druckabnahme selbst.

3. Die Konstanzmethode, genauer: die Methode der konstanten Reize. Von *Fechner* wurde sie „Methode der richtigen und falschen Fälle" genannt. Für die Bestimmung einer Unterschiedsschwelle ist das Verfahren folgendes. Man bildet aus je einem Vergleichsreiz und Normalreiz eine Anzahl Reizpaare. Diese Paare werden in unregelmäßigem Wechsel zur Beurteilung geboten; die Versuchsperson hat dann unter mehreren verabredeten Urteilsausdrücken denjenigen zu wählen, der ihr am passendsten scheint. Die Resultate werden in einer Tabelle

gesammelt. Die Urteilsausdrücke sind gewöhnlich: viel größer, größer, gleich, kleiner, viel kleiner. Der Gedanke der Methode ist: je größer der Unterschied der beiden zu vergleichenden Reize, desto häufiger wird ihr Verhältnis richtig erkannt, desto größer wird also der Bruch $\frac{r}{n}$, wo r die Anzahl der richtigen Urteile für ein bestimmtes Reizpaar, n die Anzahl aller dafür abgegebenen Urteile ist. Es wird mithin der subjektive Eindruck jedes Reizpaares durch den Bruch $\frac{r}{n}$ gemessen. Aus diesen Brüchen kann man, wie noch zu zeigen, auch über Schwelle, Unterschiedsschwelle usw. Aufklärung erhalten.

Ein Anwendungsbeispiel: die Bestimmung einer Raumschwelle der Haut. Es wurde dafür eine bestimmte Anzahl von Spitzenabständen bereit gehalten, bei einer Versuchsreihe von *Riecker* lagen sie zwischen 0 und 6 Pariser Linien. Diese Distanzen wurden dann in buntem Wechsel auf die Haut aufgesetzt, jede 30mal. Die folgende Tabelle gibt zu jedem Abstand (D) das Verhältnis der Urteile „doppelte Berührung" zu allen Urteilen, $z = r/n$:

D:	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6
z:	0,302	0,102	0,140	0,402	0,652	0,800	0,877	0,964	1

Ein Beispiel für die Bestimmung gleich erscheinender Reizunterschiede (*Fröbes*, ZPs 36, 241 ff.): Es handelte sich um Gewichtshebungen mit den Gewichten $A = 600\,g$; das mittlere B hatte verschiedene Größen, von $800\,g$ angefangen in Stufen von je $120\,g$ aufwärts bis zu $1880\,g$; das dritte, C, war $2360\,g$. Bei jedem Versuch wurden die drei Gewichte nacheinander gehoben, nämlich zuerst A, dann eines der B in buntem Wechsel, dann C, und nun geurteilt, wie sich die Abstände AB und BC zu verhalten schienen. Das wurde fortgesetzt, bis jedes der 10 B daran gewesen war. Solcher Versuchsreihen wurden im ganzen $n = 40$ angestellt. Es wurden abgegeben die Urteile: viel größer (kurz: gg), größer (g), unentschieden (u), kleiner (k), viel kleiner (kk), welche auf die Distanz BC zu beziehen sind. Das ergab die nebenstehende Tabelle, worin also die erste Zeile zu lesen ist: war $A = 600$, $B = 800$, $C = 2360$, so wurde in 38 Fällen geurteilt: BC viel größer als AB; in zwei Fällen: BC ist größer als AB usw.

$A = 600$; $B =$ variabel; $C = 2360$

B	kk	k	u	g	gg	n
800				2	38	40
920				5	35	40
1040			2	10	28	40
1160			2	29	9	40
1280			7	25	8	40
1400		5	12	23		40
1520		13	21	6		40
1640	7	18	14	1		40
1760	12	21	6	1		40
1880	18	20	2			40

Die Urteilsausdrücke, die bei dieser Methode verwendet werden, sind heute gewöhnlich für die Bestimmung einer absoluten Schwelle die drei Urteile: überschritten, unentschieden, noch nicht erreicht; für die Bestimmung einer Unterschiedsschwelle und ähnliche Fälle die eben genannten fünf. Viel umstritten ist die Behandlung der Urteile gleich, unentschieden, zweifelhaft. *G. H. Thomson* empfiehlt, die Gleichheitsurteile absichtlich zu unterdrücken, immer einen Unterschied anzugeben; indessen ist eine solche willkürliche Umdeutung des subjektiven Eindrucks psycho-

logisch zu verwerfen. — *Müller, Titchener, Urban* vereinigen die zweifelhaften Fälle mit den Gleichheitsurteilen; *Fernberger, George* verwarfen sie überhaupt. Nach *Fernberger* (AmJPs 25 [1914]) ist man geneigt, eine übertrieben feine Unterschiedsempfindlichkeit zu zeigen, die Verschiedenheit zu bevorzugen. Ließ er in Vorversuchen die Urteilsarten absichtlich gleichartig behandeln, das Urteil „gleich" weder vermeiden noch bevorzugen, so wurde der Bereich der Unentschiedenheit viel größer als sonst. — Nach *S. S. George* (AmJPs 28 [1917]) sind die eigentlichen zweifelhaften Urteile, die mit der Übung abnehmen, als fehlerhaft zu verwerfen; Urteile mit „oder" beruhen oft darauf, daß die Urteilsgrundlage schwankt, etwa für denselben Reiz zwei Bilder erscheinen. Das beste Verhalten, das man durch Vorübung erziehen muß, ist ein passives, das unmittelbare, nicht auf Überlegung beruhende Entscheidungen liefert. Das Urteil gleich kann den Urteilen größer und kleiner gleichwertig sein, aber auch unmerklich zu zweifelhaft überführen, was aus der Selbstbeobachtung zu erkennen ist. Ähnlich *Boring* (1920). — *Fernberger* (JEPs 3 [1920]) weist auf die Fehlerquelle des Kontrastes hin: Nach einem schweren Gewicht wird das mittlere oft als leichter, nach einem leichteren als größer beurteilt. Das ist durch subjektive Bemühung einer unabhängigen Beurteilung nicht zu vermeiden, man muß vielmehr sorgen, daß diese Einflüsse sich im ganzen aufheben oder sie schon im Einzelfall durch Pausen unwirksam machen. — Die alte Bezeichnung der Methode der richtigen und falschen Fälle ist irreführend und häufig ganz unanwendbar. So läßt sich in der letzten Tabelle überhaupt nicht angeben, wann ein Urteil richtig ist.

4. Übersicht über die Methoden. Bei früheren Einteilungen wurde häufig Verfahren und Anwendungsgebiet nicht genügend geschieden und einzelne Verbindungen beider als gleichgeordnete Methoden beschrieben. So unterscheidet *Fechner* drei Methoden: die Methode der ebenmerklichen Unterschiede, die Methode der richtigen und falschen Fälle, die Methode der mittleren Fehler. Davon ist die erste in Wirklichkeit die Anwendung der Herstellungs- oder Grenzmethode auf die Unterschiedsschwelle; die Methode der richtigen und falschen Fälle stimmt etwa mit der Konstanzmethode überein; die Methode der mittleren Fehler ist eine Anwendung der Herstellungsmethode auf die Bestimmung der gleichwertigen Reize. Wurden die gleich erscheinenden Reize nicht für dieselbe Hautstelle, sondern auf zwei verschiedenen Stellen bestimmt, so nannte man das die „Methode der Äquivalente". Die oft genannte „Methode der übermerklichen Unterschiede" ist in Wirklichkeit die Anwendung der Grenzmethode auf gleichwertige Reizunterschiede; eine Anwendung davon war die „Methode der mittleren Abstufungen", wobei der mittlere Reiz der beiden Reizunterschiede gemeinsam ist (*a b* und *b c*).

Erst *Külpe* erwähnt die Gleichordnung der Methode der Minimaländerungen (unsrer Grenzmethode) und der Methode der richtigen und falschen Fälle, und ihre Anwendbarkeit auf alle verschiedenen Anwendungsgebiete. Ein ähnlicher Gegensatz wird später in den zwei Klassen der Zählmethoden und Maßmethoden angedeutet. *Ebbinghaus* sieht hierin den Gegensatz der Reizfindung und Urteilsfindung: bei der ersteren wird der Reiz so lange abgeändert, bis ein festgehaltenes Urteil (gleich, größer usw.) erreicht ist; bei der Urteilsfindung dagegen werden die Reize oder Reizpaare festgehalten und zu ihnen das passendste Urteil gesucht. — Indessen trifft dieser Erklärungsversuch die Hauptsache nicht. Daß Reizpaare geboten werden, worin der eine Reiz veränderlich ist, sowie daß eines von verschiedenen bereit gehaltenen Urteilen auf sie angewandt wird, ist allen Methoden gemeinsam. Der wahre Unterschied liegt darin, wie die Abänderung der Reize geschieht, ob in gänzlich freier subjektiver Weise, stetig, in beliebiger Schnelligkeit und Richtung der gesuchte Punkt (Gleichheit) erstrebt wird (Herstellungsmethode), oder aber in vorgeschriebener Weise, mit objektiver Darbietung festgehaltener Reizpaare. Bei diesen letzteren

liegt dann ein weiterer Gegensatz darin, ob die Reihenfolge der gebotenen Reize in gleicher Richtung verläuft (Grenzmethode), oder in unregelmäßigem Wechsel (Konstanzmethode). Schon daraus ist ersichtlich, daß in gewisser Hinsicht die Herstellungsmethode die nächstliegende ist; die Grenzmethode ist wenigstens darin noch natürlicher als die Konstanzmethode, daß sie unmittelbar die gesuchten Punkte feststellt. Anderseits wächst die Ausschließung der Fehlerquellen und die wissenschaftliche Brauchbarkeit umgekehrt bis hinauf zur Konstanzmethode, wie gleich zu zeigen.

Die verschiedene Wissentlichkeit des Verfahrens. Das Verfahren heißt vollständig „unwissentlich“, wenn die Versuchsperson weder Größe noch Richtung der Reizverschiedenheit kennt. Es heißt „halbwissentlich“, wenn sie jedesmal nach dem abgegebenen Urteil erfährt, wie die Reize wirklich zueinander standen. Das eignet sich zur Vorübung in einem unbekannten Gebiet, darf aber nicht zu lange fortgesetzt werden, weil es sonst verleiten kann, die eigenen konstanten Fehler, die man so kennen gelernt hat, mit in Rechnung zu ziehen, statt den unmittelbaren subjektiven Eindruck anzugeben. Das Verfahren heißt endlich „wissentlich“, wenn schon vor dem Versuch die beiden Reize völlig bekannt sind. Nach den bisherigen Erfahrungen verdient im allgemeinen das völlig unwissentliche Verfahren den Vorzug.

Bewertung der Methoden. Die Herstellungsmethode hat den Vorteil, daß die Versuchsperson alles allein machen kann. Hat man aber zwei Personen, wie es im Interesse der Unwissentlichkeit des Verfahrens vorzuziehen ist, so ist nach *Müller* die Grenzmethode als eine Verbesserung der Herstellungsmethode zu betrachten, worüber schon die Rede war. — Die Grenzmethode führt viel schneller zum Ziel als die Konstanzmethode. Durch 40 Versuche z. B. kann man schon einigermaßen die Lage der Reizschwelle bestimmen. Dagegen muß bei ihr die Versuchsperson immer sehr bald bemerken, ob es aufwärts oder abwärts geht. Das Verfahren ist deshalb nicht ganz unwissentlich; es treten manche störende Einflüsse ins Spiel, wie die Erwartung. — Die Konstanzmethode hat den großen Vorteil, daß sie sich vollständig unwissentlich gestalten läßt. Außerdem gibt sie sehr viele psychologische Aufklärungen.

Ein Haupterfordernis bei experimentellen Methoden ist die Durchsichtigkeit und Nachahmbarkeit des Verfahrens. Diese bezieht sich nicht bloß auf eine möglichst genaue Beschreibung des äußern Verfahrens, so daß man es nachbilden kann, sondern besonders auf das innere Verhalten der Versuchsperson. Bei den ersten Versuchen auf einem neuen Gebiet muß sich die Instruktion allgemein halten, um so die Motive, auf denen das abgegebene Urteil fußt, kennen zu lernen, auch diejenigen, die nicht im Sinne der Aufgabe liegen. Ist einmal dieser Überblick gewonnen, so muß man darauf durch eine geeignete Instruktion die Urteilsbedingungen beschränken, damit die Resultate eindeutiger werden.

Der Zweck ist bei diesen Untersuchungen nicht derselbe wie beim Physiologen. Letzterem kommt es darauf an, die Leistungsfähigkeiten der Sinne selbst kennen zu lernen, ihre individuellen und pathologischen Schwankungen festzustellen. Dagegen ist das Ziel des Psychologen, Wesen und Gesetzmäßigkeit der psychologischen Vorgänge zu ergründen, die zu den einzelnen Urteilen führen. Er fragt: Was will die Versuchsperson damit sagen, wenn sie einen Reizunterschied für gleich groß mit

einem andern erklärt? Von welchen Umständen läßt sie sich dabei leiten? usw. Deshalb haben auch die Aussagen der Selbstbeobachtung bei psychologischen Experimenten eine sehr große Bedeutung; sie geben die subjektiven Bedingungen an, die man durch das Experiment auch objektiv nachprüfen kann.

§ 3. Die unmittelbare Behandlung der Messungsergebnisse.

1. Die gesuchten Hauptwerte. Die beschriebenen Verfahren endigen zunächst mit der Aufstellung einer Tabelle, welche das Material der Messungen zusammenfaßt. Wie gewinnt man hieraus brauchbare Werte für die gesuchten Größen, die Reizschwelle, Unterschiedsschwelle usw.? Zunächst fragen wir nach einer einfachen Ableitung, welche uns möglichst unmittelbar brauchbare Werte liefert. Der Inhalt der erhaltenen Tabelle kann nach der Theorie der Statistik einigermaßen ersetzt werden durch einen Hauptwert und ein Streuungsmaß. Der Hauptwert ist der Mittelwert der zu bestimmenden Größe, z. B. der Unterschiedsschwelle. Das Streuungsmaß ist ein Maß der zufälligen Variabilität; es gibt an, wie stark die einzelnen Beobachtungen, aus denen man das Mittel gezogen hat, voneinander abweichen. Es bewahrt deshalb vor Überschätzung der Resultate. Wenn ein arithmetisches Mittel ein anderes nur wenig übertrifft, während gleichzeitig die Streuung der Beobachtungen groß ist, ist der Unterschied der beiden Mittel nicht bewiesen.

Als Hauptwert ist besonders gebräuchlich das arithmetische Mittel, d. h. die Summe der einzelnen Messungen dividiert durch ihre Anzahl, $\frac{Sa}{n}$ (wenn a die einzelnen Messungen a_1, a_2, a_3 usw., Sa ihre Summe, n ihre Anzahl). — Ein anderer brauchbarer Wert ist der Zentralwert, der gefunden wird, indem man die Messungen ihrer Größe nach ordnet und aus ihnen den der Reihe nach mittelsten herausnimmt (bzw. die Mitte der zwei mittelsten, wenn die Anzahl gerade ist).

Arithmetisches Mittel und Zentralwert stimmen überein, wenn die Reihe symmetrisch ist; deshalb ist die Differenz beider Werte ein Maß für die Asymmetrie der Reihe. Das arithmetische Mittel hat den Nachteil, daß es durch einzelne stark abweichende Messungswerte besonders stark beeinflußt wird, während das für den Zentralwert nicht gilt. Auch ist der Zentralwert besonders leicht zu bestimmen, da bloß das mittelste Glied der Reihe genauer gemessen werden muß, die andern nur soweit, als nötig ist, um sie richtig zu ordnen. Anderseits ist seine Definition manchmal nicht scharf zu erfüllen. So ist in der Reihe 4 5 6 6 7 7 7 8 9 das mittelste Glied 7; es hat aber nicht gleich viel Werte über (2) wie unter (4) sich. Da empfiehlt sich, von jeder vorkommenden Zahl die Rangstufe zu berechnen und daraus den Wert der mittelsten Rangstufe als Zentralwert abzuleiten. Die Rangstufe jeder Zahl ist gegeben durch die Anzahl kleinerer Zahlen zusammen mit der Hälfte der Stellen gleicher Größe. So ist die Rangzahl des 6 hier $2 + {}^2/_2 = 3$; die Rangzahl des 7 ist $4 + {}^3/_2 = 5\,{}^1/_2$. Die mittlere Rangstufe von 9 Zahlen wäre $4\,{}^1/_2$. Die zu diesem Platz gehörige Zahl ist also aus 6 und 7 zu interpolieren, was hier 6,6 ergibt (*Lipmann*).

Als Streuungsmaß wird das Mittel der Abweichungen der einzelnen Messungen vom Hauptwert benutzt: man addiert dafür alle Abweichungen

positiv genommen und dividiert durch ihre Anzahl. Das ist die „mittlere Variation“ (*m. V.*):

$$m.\,V. = \frac{Sd}{n}$$

(wobei d_1, d_2, d_3 usw. die einzelnen Abweichungen vom Mittel, Sd deren Summe, n ihre Anzahl). — Ein anderer gebräuchlicher Wert ist der „mittlere quadratische Fehler“; für ihn bildet man die Quadrate aller Abweichungen vom Mittel (d^2), addiert sie, dividiert die Summe (Sd^2) durch ihre Anzahl (n) und nimmt daraus die Wurzel; also:

$$q = \sqrt{\frac{Sd^2}{n}}.$$

Yule: Es ist eine empirische Regel, daß der Umfang von q 99% oder mehr aller Beobachtungswerte einschließt, vorausgesetzt daß die Verteilung nicht zu unsymmetrisch und die Beobachtungszahl nicht zu klein ist. Unter gleichen Voraussetzungen ist q ungefähr gleich $^5/_4$mal *m. V.* — Endlich kann man als Streuungsmaß auch den Zentralwert aller Abweichungen vom Hauptwert bestimmen; das ist der wahrscheinliche Fehler.

2. Anwendung auf die Methoden. Am einfachsten gestaltet sich die Berechnung der Grenzmethode. Man nimmt hier als Hauptwert, als Wert der Schwelle, Unterschiedsschwelle, der subjektiven Mitte usw. gewöhnlich das arithmetische Mittel aus den sämtlichen beim auf- und absteigenden Verfahren gewonnenen Endpunkten. Als Streuungsmaß dient die leicht zu berechnende mittlere Variation. Liegen beispielsweise für den Reiz 50 die Endpunkte für die obere Unterschiedsschwelle der Reihe nach bei 63 65 62 69 65 64 62 63 66 64, so ergibt sich als Hauptwert 64,3, also als obere Unterschiedsschwelle 64,3 — 50 = 14,3; als *m. V.* = 1,56.

Bei der Herstellungsmethode ist die *Fechner*sche Berechnungsart schon mitgeteilt worden. Bei ihr kann man den konstanten Fehler als einen Hauptwert betrachten, der die Über- oder Unterschätzung unter den Umständen des Versuches mißt. Ebenso ist der mittlere variable Fehler hier ein Streuungsmaß.

Bei der Konstanzmethode ist eine unmittelbare Bestimmung des Hauptwertes durch einfache Interpolation ausführbar. Man kann passend als Schwelle denjenigen Punkt der Skala betrachten, von dem an die Neigung zum betreffenden Urteil (zur Merklichkeit der Empfindung, des Unterschieds usw.) die entgegengesetzte Neigung überwiegt, also den Punkt, bei dem die Anzahl der richtigen Fälle 50% beträgt. Das ist der Zentralwert, der gleich viele Beobachtungswerte über sich wie unter sich hat.

Beim vorigen Beispiel der Raumschwelle liegt deren Wert, die Schwelle für das Urteil „doppelte Berührung“ also an dem Punkte der Skala, wo $z = 0{,}5$ wird, also zwischen $D = 1{,}5$ und $D = 2$. Eine einfache Interpolation ergibt für $z = 0{,}5$ ein $D = 1{,}696$. Diese Bestimmung nimmt freilich mit in Kauf, daß die beiden Ausgangswerte vielleicht nicht genau sind, und ebensowenig die Voraussetzung der Proportionalität zwischen z und D innerhalb dieser beiden Werte.

Dasselbe läßt sich auf die Unterschiedsschwelle übertragen. Man sucht einfach den zu $g = 0{,}5 \cdot n$ (zu 50%) oder zu $k = 0{,}5 \cdot n$ gehörigen Reizwert durch Interpolation zwischen dem nächstniederen und nächsthöheren Wert und bestimmt den Abstand dieses Punktes vom Hauptreiz.

Bei der Bestimmung gleichwertiger Reize oder Reizunterschiede ist es am einfachsten und genauesten, das arithmetische Mittel aus sämtlichen Gleichheitsurteilen zu nehmen, mit Berücksichtigung ihres Gewichtes, d. h. der Anzahl der darauf fallenden Urteile. Wenigstens ist das tunlich, wenn man das Intervall zwischen zwei benachbarten konstanten Reizen klein genug genommen hat und wenn die Distanz der äußersten Reize so groß ist, daß sie nie das Urteil „gleich" erhalten haben. In der Tabelle des Beispiels (S. 468), in der diese Voraussetzungen genügend erfüllt sind, bekommt man auf diese Weise als Mittel aller u-Urteile $B = 1505{,}5$.

3. Die Berechnung der Vollreihen. Eine Vollreihe ist eine Reihe gleich weit voneinander abstehender Vergleichsreize, die sich soweit nach beiden Seiten erstrecken, daß die äußersten Reize keine Gleichheitsurteile mehr aufweisen (Vollreihe zweiten Ranges), oder gar, daß die äußersten Reize nur noch die Urteile „viel größer" und „viel kleiner" aufweisen (Vollreihe ersten Ranges). Die vorher gegebene Tabelle ist beinahe ein Beispiel einer Vollreihe zweiten Ranges.

Das Maß der Unterschiedsempfindlichkeit: Nehmen wir an, die Unterschiedsempfindlichkeit unterliege keinen zufälligen Fehlereinflüssen, dann würde es einen bestimmten Bezirk geben, wo immer nur das Urteil u erhalten würde und es nach beiden Seiten schroff in die Urteile „größer" und „kleiner" überginge. Infolge der zufälligen Fehlervorgänge ist das nicht der Fall, sondern greifen die Gebiete ineinander über. Wir haben nun ein Maß der Unterschiedsempfindlichkeit, wenn wir berechnen, wie groß das Gebiet sein müßte, über das sich ohne zufällige Fehlervorgänge die u-Urteile erstrecken würden. Für dieses Idealgebiet (I_u) des Urteils u gilt nach *Müller*

$$I_u = \frac{i \cdot S_u}{n}$$

(wo i das Intervall der Vergleichsreize, S_u die Anzahl aller abgegebenen u-Urteile, n die konstante Anzahl Urteile, die auf einen Vergleichsreiz kommen). Die so gefundene Unterschiedsempfindlichkeit ist um so genauer, je kleiner das Intervall i ist. In unsrem Beispiel ergibt sich $I_u = 120 \cdot 66 : 40 = 198$.

Spearman und *Wirth* ergänzten diese unmittelbare Behandlung der Vollreihen wesentlich, indem sie zeigten, daß auch für die Schwellenpunkte die gewöhnlichen Hauptwerte und Streuungsmaße sich aufstellen lassen. So ist zunächst das arithmetische Mittel der oberen Schwelle (r_o) zu finden, indem man den Flächeninhalt unter der Kurve der g-Urteile während ihres Anstieges berechnet, was durch Näherungsformeln geschehen kann. So ist

$$r = E_o - i \cdot Sg + \frac{i}{2}$$

(hier bedeutet E_o den Reizwert, bei dem die u-Urteile verschwinden und die [relativ genommenen] g-Urteile eben $= 1$ werden, Sg alle g, von $g = 0$ bis $g = 1$ einschließlich). Die Formel läßt sich leicht auf die untere Schwelle übertragen.

Das passendste Streuungsmaß für das arithmetische Mittel, ist der quadratische Fehler q_o (bei der oberen Schwelle):

$$\frac{1}{i^2} \cdot q_o^2 = 2 \cdot \left[(p-1)\, g_1 + (p-2)\, g_2 + \cdots 1 \cdot g_{p-1} + \frac{1}{8}\right] - \left(Sg - \frac{1}{2}\right)^2$$

(darin sind $g_1, g_2, g_3 \ldots g_{p-1}$ die aufeinanderfolgenden [relativen] Werte der g-Urteile zwischen den Grenzen $g_0 = 0$ und $g_p = 1$; daraus verstehen sich auch die Zahlen [p—1] usw.). Eine ähnliche Formel gilt für q_u.

Urban (ArGsPs 32 [1914]) wies nach, daß die Voraussetzungen dieses unmittelbaren Verfahrens berechtigt sind und die Resultate mit denen theoretisch genauester Methoden sehr befriedigend übereinstimmen; besonders gilt das von der Bestimmung der Schwelle. — Will man aus den Versuchsergebnissen die größtmögliche Summe von Belehrung ziehen, so kann man weiter die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die gewonnenen Messungen anwenden, wie nun zu zeigen ist.

§ 4. Die Konstanzmethode für Schwellenbestimmungen unter Zugrundelegung des *Gauß*schen Fehlergesetzes.

Die Urteilszahlen einer bestimmten Urteilsklasse bilden graphisch dargestellt eine ziemlich unregelmäßige Kurve. Die Unregelmäßigkeiten kann man als Folge der geringen Zahl der Messungen ansehen und annehmen, daß, wenn man beliebig viele Messungen ausführen könnte, eine ganz regelmäßige Kurve entstehen würde. Wäre eine mathematisch definierte Kurve bekannt, der sich die gefundenen Beobachtungswerte genügend anschmiegen, so könnte man alle gewünschten Mittelwerte genau ableiten. Nun bietet uns die Wahrscheinlichkeitstheorie in der Tat Kurven, welche für die Umstände unsrer Beobachtungen von vornherein zu vermuten sind und sich vielfach bewährt haben, vor allem die *Gauß*sche Fehlerkurve. Es ist also zu zeigen, wie dieses Gesetz hier anwendbar ist und wie man die Richtigkeit seiner Anwendung selbst wieder nachprüfen kann.

1. Das *Gauß*sche Fehlergesetz im allgemeinen (vgl. *Lehmann* § 5).

Sind die Beobachtungsfehler einer Messung rein zufällig, so kann man sagen, daß positive und negative Fehler gleicher Größe gleich wahrscheinlich sind; ferner daß die relative Häufigkeit eines Fehlers eine Funktion seiner Größe ist. Dann ist das arithmetische Mittel aus sämtlichen Beobachtungswerten als der wahrscheinlichste Wert der Messung zu betrachten. Nach dem *Gauß*schen Fehlergesetz ist dann die Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Abweichung δ vom arithmetischen Mittel gegeben durch den Ausdruck:

$$W = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2\delta^2}.$$

Hierin heißt h das Präzisionsmaß, das mit dem gewöhnlichen quadratischen Fehler q zusammenhängt durch die Gleichung:

$$h = \frac{1}{q\sqrt{2}}.$$

Die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen positiven und negativen Abweichungen vom genauen Werte O lassen sich graphisch darstellen durch die *Gauß*sche Fehlerkurve (Fig. 59); diese hat eine glockenartige Gestalt, senkt sich symmetrisch von einer mittleren höchsten Vertikalen zur Achse herunter, der sie sich asymptotisch nähert. w heißt darin der wahrscheinliche Fehler, d. h. diejenige Abweichung vom Mittelwert nach oben und unten, die von den einzelnen Fehlern ebensooft über-

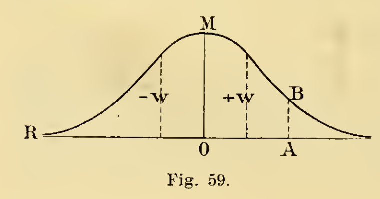


Fig. 59.

schritten als nicht erreicht wird, welche also zwischen ihrem positiven und negativen Betrag die Hälfte aller Abweichungen einschließt.

Unter Voraussetzung dieses Fehlergesetzes findet man in einer Messungstabelle den wahrscheinlichen Fehler entweder empirisch durch direkte Abzählung, indem man alle Beobachtungsfehler der Größe nach ordnet und dann von der Mitte aus um $\frac{n}{4}$ Werte nach oben und unten geht, oder theoretisch aus der Formel:

$$w = 0{,}67449 \cdot \sqrt{\frac{Sf^2}{n}},$$

worin $Sf^2 = f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 \ldots$, d. h. gleich der Summe der Quadrate der Abweichungen der einzelnen Beobachtungen vom arithmetischen Mittel. Um eine vorliegende Messungstabelle auf ihre Übereinstimmung mit dem *Gauß*schen Fehlergesetz zu prüfen, dient die Tabelle der Anzahl der Fehler (A in %), welche sich zwischen den Grenzen $\pm x$ (in Einheiten des wahrscheinlichen Fehlers ausgedrückt) finden (also zwischen $+\frac{1}{10}w$ und $-\frac{1}{10}w$ liegen 5,4 % aller Beobachtungen usw.):

$x = \pm$	0,1 w	0,2 w	0,3 w	0,4 w	0,5 w	0,7 w	w	1,5 w	2 w	2,5 w	3 w	4 w.
A =	5,4	10,7	16	21,2	26,4	36,8	50	68,8	82,3	90,8	95,7	99,3 %

Zur Benutzung: Man bestimmt zuerst aus der Beobachtungstabelle nach dem Vorigen den wahrscheinlichen Fehler w; man zählt dann nach, wie viele der Abweichungen zwischen den Grenzen — 0,1 w und + 0,1 w liegen, ebenso zwischen — 0,2 w und + 0,2 w usw., und vergleicht diese Zahlen in Prozent umgerechnet mit denen der vorigen Tabelle. Stimmen sie erträglich miteinander überein, so kann man die Fehler als bloß zufällige, das Fehlergesetz als gültig betrachten.

2. Anwendung auf die Schwellenbestimmung. Gäbe es keine zufälligen Fehler, so wäre bis zur Schwelle bloß das Urteil u vorhanden, darüber das Urteil „merklich". Die Schwelle wäre dann direkt zu beobachten. In Wirklichkeit ist es nicht so. Die Schwelle ist eine Größe, deren Messung von Beobachtungsfehlern begleitet ist, und zwar wesentlich mehr als bei physikalischen Größen. Man kann sich das vorstellen, indem man den Schwellenwert selbst als eine zufällig veränderliche Größe ansieht, oder auch die Schwelle als konstant und die beobachteten Reize als durch Fehlervorgänge größer oder kleiner erscheinend denkt. Man wird also zunächst versuchen, diese zufällig veränderliche Größe durch die *Gauß*sche Fehlerkurve darzustellen. Danach müßte ein bestimmter Wert am häufigsten als Schwelle erscheinen und von ihm aus nach beiden Seiten die Werte der Schwelle mit abnehmender Häufigkeit und symmetrisch verlaufen.

Genauer stellen dann die Ordinaten der Fehlerkurve die Wahrscheinlichkeit dar (und bei genügend vielen Versuchen die relative Häufigkeit), daß der zufällige Wert der Schwelle gleich der betreffenden Abszisse ist (AB ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Schwelle gleich RA ist). Das Flächenstück bis zu einer Ordinate stellt die Wahrscheinlichkeit (relative Häufigkeit) dar, daß die Schwelle unter der betreffenden Abszisse bleibt (Fläche $RMBA$ also die Wahrscheinlichkeit, daß die Schwelle nicht über RA liegt), daß z. B. die betreffende Abszisse den Eindruck der doppelten Berührung macht, wenn es sich um die Raumschwelle handelt. Da die relative Häufigkeit aller Fälle zusammengenommen = 1 ist, so ist der Gesamtinhalt der Fläche = 1 zu setzen.

Der Zentralwert ist derjenige Wert, der gleichviele Werte über sich wie unter sich hat, wenn man alle zufälligen Werte der Schwelle ihrer Größe nach ordnet. Es ist also derjenige Wert, der (bei einer genügend großen Zahl von Versuchen) bei der Raumschwelle $z = 0{,}5$ ergibt. Die Ordinate, welche zu dieser Abszisse gehört, teilt mithin die Fläche in zwei gleiche Hälften.

Daraus ergeben sich einige Folgerungen für den Gang der Resultate, wenn sie dem *Gauß*schen Gesetz entsprechen sollen. Mit der Zunahme des Vergleichsreizes (D) nimmt die Wahrscheinlichkeit, daß der zufällige Wert der Schwelle unter D bleibt, immer mehr zu; es muß also mit wachsendem D das z, die Anzahl der Urteile „doppelte Berührung" immer mehr wachsen. Es ist eine „Verkehrtheit erster Ordnung", wenn an irgend einer Stelle mit wachsendem D die Zahl der z nicht zunimmt (z. B. in der Tabelle der Raumschwellen im ersten Glied, was auf irgend einen Mangel im Verfahren hinweist). Ferner müssen die Differenzen der z, auf gleiche Distanzen der Abszissen bezogen, zuerst zunehmen und später wieder abnehmen. Das Gegenteil ist eine „Verkehrtheit zweiter Ordnung", darstellbar durch Einknicken der Fehlerkurve.

3. Die genaue Berechnung der Schwelle auf dieser Grundlage. *Fechner* berechnete die ersten Formeln für dieses Verfahren, aber nicht ganz richtig. Auch begnügte er sich, das Präzisionsmaß h abzuleiten, das er direkt als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit betrachtete, was theoretisch nicht haltbar ist. Überdies verteilte er die Gleichheitsurteile zu gleichen Teilen auf die richtigen und falschen Fälle. *G. E. Müller* berechnete die richtigen Formeln, die heute allgemein anerkannt sind. Seien r, z, f, n die Anzahlen richtiger, zweifelhafter, falscher und aller Urteile, ferner D der Vergleichsreiz, S der gesuchte Schwellenwert, so gilt:

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \Phi\,[h(S-D)] \text{ oder} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \Phi\,[h\,(D-S)],$$

je nachdem $S \gtreqless D$ ist;

$$\frac{f}{n} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \Phi\,[h\,(S+D)]; \text{ für } z \text{ gilt: } \frac{z}{n} = 1 - \frac{r}{n} - \frac{f}{n}.$$

$\Phi\,(x)$ ist dabei eine Abkürzung für eine komplizierte Exponentialfunktion, welche in der Form von Tabellen berechnet vorliegt (vgl. z. B. PhSd 9, 145), so daß man aus dem gegebenen x sofort den Wert von $\Phi\,(x)$ ablesen kann und umgekehrt. Aus den gegebenen Werten von $\frac{r}{n}$ und $\frac{f}{n}$ kann man also die Ausdrücke $h\,(S-D)$ und $h\,(S+D)$ berechnen und daraus h und S selbst. Aber das hätte den Nachteil, daß man die Gültigkeit des *Gauß*schen Gesetzes einfach voraussetzt, ohne sie selbst überprüfen zu können. — Deshalb ist es besser, die Beobachtung bei mehreren D anzustellen (gewöhnlich nimmt man sieben, doch leisten nach *Fernberger* fünf dasselbe). Diese Gleichungen vereinigt man dann nach der Methode der kleinsten Quadrate, um so den besten Wert zu erhalten. Schließlich setzt man die erhaltenen Werte für h und S rückwärts in die Gleichungen ein, berechnet daraus das r und vergleicht es mit dem durch Beobachtung gefundenen r. So erkennt man, ob die Annahme des *Gauß*schen Fehlergesetzes mit den beobachteten Werten genügend übereinstimmt oder ob eher eine andere Annahme vorzuziehen ist. Das Schema dieser Rechnung stellt *Müller* in seiner Methodik dar, noch ausführlicher mit den *Urban*schen Veränderungen *Wirth* (Psychophysik 197—215). Für eine schnellere Berechnung gibt *Urban* Hilfstabellen (ArGsPs 24 [1912] 236 ff.).

Aus der Rechnung ergibt sich die Schwelle im Wert S; ein Streuungsmaß ist h, das Präzisionsmaß. Das letztere hängt mit den Schwankungen des Schwellenwertes zusammen. Sei nämlich δ dessen zufällige Schwankungsbreite, um die bei einem

Versuch der Wert der Schwelle von ihrem Zentralwert S abweicht, und sei δ_m der mittlere Wert dieser Schwankungsgrößen, so gilt:

$$h = \frac{1}{\delta_m \cdot \sqrt{\pi}}.$$

4. Anwendung auf die Unterschiedsschwelle. Hier verlangt der regelrechte Gang der Beobachtungsresultate, außer der Abwesenheit von Verkehrtheiten wie früher, noch weiter, daß die falschen Urteile eher verschwinden als die unentschiedenen. Die gewöhnliche Unterschiedsschwelle ist in der Reihe der k und g zu suchen. Sie ist derjenige Wert, bei dem die Anzahl der richtigen Fälle = 50% ist. So gewinnt man S_o und S_u, ebenso die zugehörigen Präzisionsmaße h_o und h_u. Im einzelnen geht man genau so voran wie vorher, unter Zugrundelegung der Formel für die richtigen Fälle:

a) für die Bestimmung von S_u und h_u: $g = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \Phi\,[h_u\,(S_u \pm D)]$;

b) für die Bestimmung von S_o und h_o: $k = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \Phi\,[h_o\,(\pm D - S_o)]$.

Hierbei hat $\Phi\,(x)$ dieselbe Bedeutung wie vorher; und es ist $\pm$ zu nehmen, je nachdem der Vergleichsreiz größer oder kleiner als der Hauptreiz ist; D ist die Differenz von Vergleichsreiz und Normalreiz. k und g sind hier vorausgesetzt als gegeben in Brüchen von 1, so daß $k + g + u = 1$ ist.

5. Die Benutzung anderer Verteilungsgesetze. Die bisherige Prüfung des *Gauß*schen Fehlergesetzes auf psychologischem Gebiet ist noch ziemlich ungenügend. Nach *Müller* kann man nur sagen, daß es Fälle gibt, wo die Formeln sich mit hinreichender Annäherung gültig zeigen. Aber daß dieses allgemein der Fall sei, so daß man sich mit der Beobachtung von zwei D begnügen könne, um S_o, S_u und h zu berechnen, sei unbewiesen. Außerdem weisen viele Experimente ganz offenbar auf unsymmetrische Fehlerkurven hin; beim Gedächtnis z. B. ist von Symmetrie gewöhnlich nicht entfernt die Rede. Für solche Fälle empfiehlt *Müller*, ein zweiteiliges *Gauß*sches Fehlergesetz anzuwenden. Man nimmt von vornherein für die positiven Abweichungen der zufälligen Schwellenwerte vom Zentralwert ein anderes h an als für die negativen. Man berechnet also hier S, h^- und h^+. In der Tat ergab die Berechnung einer Versuchsreihe nach diesem Gesetz eine sehr gute Übereinstimmung. — Noch allgemeiner ist eine Formel von *Bruns*, die sich allen empirischen Verteilungen mit beliebiger Genauigkeit anpassen kann, indem sie für weitere Annäherungen immer neue Glieder einer Reihe zu Hilfe nimmt. Ein ausgeführtes Beispiel bietet *Wirth* (Ps 215 ff.). Freilich geht so der Hauptvorteil immer mehr verloren, den man durch ein Verteilungsgesetz beabsichtigte, der Anschluß an ein einfaches mathematisches Gesetz.

§ 5. Berechnungen ohne Voraussetzung eines bestimmten Fehlergesetzes.

1. *Lehmann* hat die Bestimmung der Hauptwerte nach den Grundsätzen der Interpolationsrechnung ausgebildet. Er setzt voraus, daß eine Vollreihe vorliegt, also die äußersten Reize immer größer oder immer kleiner als der Normalreiz erscheinen. Was er aus der Tabelle der Konstanzmethode bestimmen will, ist der Punkt des Schwellenwertes in den Stäben der g und k und das Dichtigkeitsmaximum in der Reihe der u. Der Gang seines Verfahrens ist allgemein der: man betrachtet die Werte der Vergleichsreize als die gleich weit voneinander abstehenden Werte der unabhängigen Variablen (x); die dazugehörigen Werte der k oder g als die Funktionswerte (die zugehörigen y). Folglich kann man, nachdem man die Urteilskurven zunächst genügend ausgeglichen hat, durch Interpolation die gesuchten Größen bestimmen.

Der Schwellenwert ist nämlich derjenige Wert, der in einer großen Anzahl von Bestimmungen ebensooft vom Normalreiz unterschieden wie nicht unterschieden wird, bei dem sich mithin beide Tendenzen gerade das Gleichgewicht halten. Dieser Schwellenwert ist diejenige Abszisse, welche zur Ordinate $\frac{n}{2}$ gehört, wenn n die Anzahl der Urteile für jeden Vergleichsreiz bedeutet. Diese Interpolation läßt sich gewöhnlich nach der einfachsten Formel vornehmen, da die Kurven in der Nähe der gesuchten Werte fast immer geradlinig verlaufen.

Das Maß der Genauigkeit für die Werte der u-Kurven ist einfach der durchschnittliche Fehler, oder wenn die Kurve unsymmetrisch wird, der mittlere Wert der positiven und negativen Fehler. Bei den g- und k-Kurven empfiehlt es sich, die beiden Fehler bei $\frac{4}{11}\,n$ und $\frac{7}{11}\,n$ anzusetzen; man muß also die Reizgrößen bestimmen, auf welche $^4/_{11}$ und $^7/_{11}$ der abgegebenen Urteile gefallen sind. Die Abstände dieser Werte vom wahrscheinlichen Wert sind dann die beiden Fehler. Bei unsymmetrischer Fehlerkurve werden diese Werte ungleich.

2. Die Interpolationsrechnung zeigt, wie man eine Kurve ausgleicht, das Dichtigkeitsmaximum findet, überhaupt zu einer Kurve, die nur durch gewisse zusammengehörige Werte von x und y gegeben ist, neue Punkte interpoliert.

Sei die Funktion zwischen y und x im übrigen unbekannt, nur eine genügende Anzahl zusammengehöriger Werte derselben bekannt. Wir nehmen also an, daß die unabhängige Variable x (das Argument) zu den Werten x_1, x_2, x_3 . . . (mit dem immer gleichen Abstand d) die zugehörigen Werte der Funktion y, nämlich y_1, y_2, y_3 . . . habe, die bekannt sind. Dann bildet man das Differenzenschema:

Argument	$F(x)$	(Δ^{I})	(Δ^{II})	(Δ^{III}).	
x_1	y_1				
		Δ_1^{I}			
x_2	y_2		Δ_1^{II}		
		Δ_2^{I}		Δ_1^{III}	
x_3	y_3		Δ_2^{II}		. . .
		Δ_3^{I}		Δ_2^{III}	
x_4	y_4		Δ_3^{II}		. . .
		Δ_4^{I}		Δ_3^{III}	
x_5	y_5		Δ_4^{II}		

wobei

$$\Delta_1^{I} = y_2 - y_1;\ \Delta_2^{I} = y_3 - y_2$$
$$\Delta_1^{II} = \Delta_2^{I} - \Delta_1^{I} \cdots$$

Die Differenzen werden immer mit Vorzeichen angegeben. Dann kann man für ein beliebig gewähltes x das zugehörige y berechnen nach der Interpolationsformel:

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{1} \cdot \frac{\Delta_1^{I}}{d} + \frac{(x - x_1)\,(x - x_2)}{1 \cdot 2}\,\frac{\Delta_1^{II}}{d^2} + \cdots$$

oder wenn man statt der schräg absteigenden Differenzen die in gerader Linie von dem gesuchten Punkt ausgehenden benutzen will: liegt der gesuchte x-Wert etwa zwischen x_4 und x_5, so ist am besten die Formel:

$$y = F(x_4 + nd) = y_4 + \frac{n}{1} \cdot \Delta_4^{I} + \frac{n\,(n - 1)}{1 \cdot 2} \cdot \Delta_3^{II} + \frac{(n + 1)\,n\,(n - 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cdot \Delta_3^{III}$$
$$+ \frac{(n + 1)\,n\,(n - 1)\,(n - 2)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot \Delta_2^{IV} \cdots$$

Auf diese Weise lassen sich in jedes Intervall leicht beliebig viele Werte von x und y interpolieren.

Ist die Funktion nichtalgebraisch, wie das gewöhnlich der Fall ist, so konvergieren die Differenzen nicht gegen 0; das Resultat der Interpolation wird dann niemals genau, aber im ganzen doch um so genauer, je mehr Differenzen man berücksichtigt. Freilich können so die Rechnungen, z. B. beim Aufsuchen eines Maximums, sehr verwickelt werden. Dagegen kann man sich helfen, wenn man beachtet, daß ein kleines Stück einer beliebigen Kurve immer als Kurve eines niederen Grades betrachtet werden kann. Sucht man also ein Maximum oder Minimum, so inter-

poliert man zunächst genauer einander sehr nahestehende Werte zwischen jenen zwei y, die das Maximum vermutlich zwischen sich enthalten (nach der allgemeinen Formel: $y = F\,[x_4 + nd] \ldots$). Dann bildet man aus diesen neuen zusammengehörigen x und y wieder ein Differenzenschema. Durch die zwei dem Maximum jetzt nächst gelegenen Punkte legt man dann eine Kurve dritten Grades, d. h. man berechnet das zum Maximum gehörige n aus der Gleichung:

$$\Delta_4^{\mathrm{I}} + \frac{2n-1}{2} \cdot \Delta_3^{\mathrm{II}} + \frac{3n^2-1}{6} \cdot \Delta_3^{\mathrm{III}} = 0.$$

3. Die Ausgleichung der Fehler einer Kurve. Das Verfahren ist verschieden. je nachdem es sich um Fehler derselben Ordnung handelt, die von der zu messenden Größe unabhängig sind, oder, wie es gewöhnlicher der Fall ist, um Fehler verschiedener Ordnungen.

a) Bei Fehlern derselben Ordnung. Sind q Funktionswerte gegeben $y_1, y_2 \ldots y_q$, welche gleichweit voneinander abstehenden x entsprechen, so werden zunächst die Δ^{I} und Δ^{II} berechnet. Darauf werden die Mittelwerte y_m zwischen je zwei y gebildet nach den Gleichungen:

$$y_m = F(x_p + \frac{1}{2}d) = y_p + \frac{1}{2} \cdot \Delta_p^{\mathrm{I}} - \frac{1}{8} \cdot \Delta_p^{\mathrm{II}};$$

dagegen für den letzten Wert y_m:

$$y_m = F(x_{q-1} + \frac{1}{2}d) = y_{q-1} + \frac{1}{2} \cdot \Delta_{q-1}^{\mathrm{I}} - \frac{1}{8} \cdot \Delta_{q-2}^{\mathrm{II}}.$$

Darauf werden die Differenzen Δ^{I} und Δ^{II} der so gewonnenen y_m gebildet und nochmals die Mitte interpoliert. Nur ist es diesmal besser, die Interpolation, soweit möglich, nach der zweiten Formel auszuführen. Die so erhaltenen Werte nennen wir die (y).

Ist die Ausgleichung nicht genügend, so muß das Verfahren auf dieselbe Weise wiederholt werden; nur muß dann an beiden Enden der Reihe extrapoliert werden; am oberen Ende nach der Formel:

$$y_m = F(x_1 - \frac{1}{2}d) = y_1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta_1^{\mathrm{I}} + \frac{3}{8} \cdot \Delta_1^{\mathrm{II}},$$

am unteren Ende nach:

$$y_m = F(x_q + \frac{1}{2}d) = y_q + \frac{1}{2} \cdot \Delta_{q-1}^{\mathrm{I}} + \frac{3}{8} \cdot \Delta_{q-2}^{\mathrm{II}}.$$

Das gibt die doppelt ausgeglichenen Werte $((y))$; oft unterscheiden sich dieselben so wenig von den (y), daß eine Fortsetzung der Ausgleichung überflüssig wird. Dabei empfiehlt es sich, mittels der graphischen Methoden nachzuprüfen, ob man durch die Ausgleichung der Kurve näher kommt.

b) Es handle sich um Fehler verschiedener Ordnung, z. B. um proportionale Fehler; da kann man sich der vorigen Formeln bedienen, wenn man nicht die gemessenen Größen selbst, sondern ihre Logarithmen ausgleicht. Beispiele zu allen diesen Rechnungen gibt *Lehmann* (§ 13).

§ 6. Die Elimination der konstanten Fehler.

1. Zufällige und konstante Fehler. Die zufälligen Fehler betreffen die Stärke oder Beschaffenheit der äußeren Reize, z. B. wenn die beiden Spitzen bei Ermittlung der Raumschwelle nicht immer mit gleichem Druck aufgesetzt werden. Ferner den Zustand des reizempfindenden Organs, z. B. die verschiedene Pupillenweite. Weiter Vorgänge, welche auf Erregungen der Nerven wirken: Vorgänge psychologischer Art, z. B. Schwankungen der Aufmerksamkeit. Eine große Verschiedenheit der Urteile beruht auf dem abwechselnden Eingreifen verschiedener Urteilsbedingungen; so kann bei Gewichtshebungen das Urteil beruhen auf eigent-

licher Vergleichung, auf dem absoluten Eindruck der Gewichte, auf Nebenvergleichungen usw. Diese zufälligen Fehler haben das Gemeinsame, daß sie unaufhörlich schwanken. Zahlreiche meist unbekannte Bedingungen können in allen Verbindungen vorkommen. Anders ist es bei den konstanten Fehlern; sie lassen sich nicht durch Vermehrung der Versuche vermindern. Hat man z. B. einen Maßstab, der ungenau ist, so bringt keine Vermehrung der Messungen dem wahren Wert näher.

Unter diesen konstanten Fehlern wurden schon von *Fechner* der Raumfehler und Zeitfehler besonders beachtet. Wenn man bei Gewichtshebungen mit der rechten Hand hebt, ist es nicht gleichgültig, ob das Hauptgewicht rechts steht und das Vergleichsgewicht links oder umgekehrt. Die Muskeln sind dann in verschiedener Weise beteiligt; das Gewicht kann dementsprechend verschieden erscheinen. Man nennt das die Verschiedenheit der Raumlage. Ein anderer konstanter Fehler ist die verschiedene Zeitlage. Es ist nicht gleichgültig, welches Gewicht zuerst gehoben wird. Es kann etwa ein Gewicht eine gewisse Ermüdung hinterlassen; dann wird eine Tendenz bestehen, das zweite Gewicht für schwerer zu halten, als es in Wirklichkeit ist. Umgekehrt bewirkt bei einem andern das erste Gewicht vielleicht eher eine Anregung, infolge deren die zweite Hebung leichter von statten geht. Nach der Verbindung beider Lagen unterscheidet man vier Hauptfälle: man bezeichnet es bei Gewichten als erste Zeitlage, wenn das Hauptgewicht (H) zuerst gehoben wird: H_1; als erste Raumlage, wenn das Hauptgewicht rechts steht: r. Es heißt also Hr_1: das Hauptgewicht steht rechts und wird zuerst gehoben. Danach kann man die vier Hauptfälle bezeichnen: Hr_1, Hr_2; Hl_1, Hl_2.

Fechner machte die Voraussetzung, der Zeit- oder Raumfehler könne einem objektiven Zuwachs gleichgesetzt werden, der zur Differenz der Reize hinzukomme; den Zeitfehler bezeichnete er durch die Größe p, den Raumfehler durch q. Es wirkt mithin statt der objektiven Reizdifferenz D die wirksame Reizdifferenz $D \pm p \pm q$. *Fechner* nimmt an, daß der Zeit- oder Raumfehler in entgegengesetzter Lage gleiche absolute Größe, aber entgegengesetztes Vorzeichen habe. Das hat sich in der Tat in manchen Fällen als richtig erwiesen, und ein solcher Zeit- oder Raumfehler wird dann als „*Fechner*scher Zeit- oder Raumfehler“ bezeichnet.

2. Die Elimination des konstanten Fehlers gestaltet sich unter der *Fechner*schen Voraussetzung sehr einfach, wenn nur Verschiedenheit der Zeitlage oder nur der Raumlage vorkommt. Dann ist etwa die obere Unterschiedsschwelle in der ersten Zeitlage: $S_{oI} = S_o + p$; in der zweiten $S_{oII} = S_o - p$.

$$\text{Folglich: } S_o = \frac{S_{oI} + S_{oII}}{2};\ p = \frac{S_{oI} - S_{oII}}{2}.$$

Ist dagegen verschiedene Zeitlage und Raumlage zugleich zu berücksichtigen, so ist die Annahme *Fechners*, daß p oder q in allen Hauptfällen den gleichen Wert habe, nicht mehr zulässig; höchstens läßt es sich für völlig entgegengesetzte Fälle wie 1 und 4 annehmen. Danach ist das Schema der wirksamen Differenzen:

$$\begin{aligned} &1.\ D + p_1 + q_1 = D + c_{I} \\ &2.\ D - p_2 + q_2 = D + c_{II} \\ &3.\ D + p_2 - q_2 = D - c_{II} \\ &4.\ D - p_1 - q_1 = D - c_{I}. \end{aligned}$$

Daraus lassen sich nur die Werte von c_I und c_{II} berechnen. Das geschieht im Verfahren der vollständigen Kompensation: für jeden der vier Hauptfälle berechnet man die zwei Schwellen S_o und S_u (nebst ihren Präzisionsmaßen h_o und h_u). Dann gilt:

$$\begin{aligned} 2\,S_o &= S_{oI} + S_{oIV} = S_{oII} + S_{oIII} \\ 2\,S_u &= S_{uI} + S_{uIV} = S_{uII} + S_{uIII} \\ 2\,c_I &= S_{uI} - S_{uIV} = S_{oIV} - S_{oI} \\ 2\,c_{II} &= S_{uII} - S_{uIII} = S_{oIII} - S_{oII}. \end{aligned}$$

Sind die gemachten Voraussetzungen richtig, so müssen die Werte für S_o, ähnlich die für S_u, c_I und c_{II} miteinander genügend übereinstimmen. Ist das nicht der Fall, und liegt der Fehler nicht in der Voraussetzung des *Gauß*schen Gesetzes, so sind dort die Voraussetzungen über Zeit- und Raumfehler nicht haltbar.

3. Die Rolle des absoluten Eindruckes. Nach dem Bisherigen ist zu erwarten, daß, wenn bei gleich großen positiven und negativen D die wirksame Differenz gleich groß ist, auch die Zahl der richtigen Fälle die gleiche sei. Wenn also a die richtigen Fälle bei negativem D, b bei positivem D, ihre Indices weiter die Hauptfälle anzeigen, müßte sein: $a_1 = b_4$; $a_2 = b_3$ usw.; $Sa = Sb$. In Wirklichkeit dagegen zeigen sich die „anomalen Differenzen“: $a_1 > b_4$; $a_2 < b_3$; $a_3 > b_2$: $a_4 < b_1$. Man kann sie in den Satz zusammenfassen: Bei gleicher wirksamer Differenz erhält man dann, wenn der Vergleichsreiz (V) an zweiter Stelle gehoben wird, mehr richtige Fälle, als wenn er zuerst gehoben wird. Diese Tendenz, die sich als ziemlich allgemein erweist, heißt die „generelle Urteilstendenz“. Dieselbe zeigt sich ganz besonders in überdeutlichen Fällen: sie nimmt mit fortschreitender Übung nicht ab, sondern eher zu. — Wenn man die Summen Sa und Sb miteinander vergleicht, besteht eine typische Verschiedenheit. Eine Reihe Versuchspersonen zeigen den „positiven Typus“: $Sa > Sb$; andere den „negativen Typus“: $Sa < Sb$. Dieses ist die typische Urteilstendenz. Sie addiert sich zur allgemeinen Urteilstendenz.

Müller erklärt diese Verschiedenheiten aus dem absoluten Eindruck: das ist der Eindruck der Schwere oder Leichtigkeit, den ein Gewicht macht, ohne daß es mit einem andern direkt verglichen wird, also absolut. Dann erklärt sich die generelle Urteilstendenz: der absolute Eindruck der Leichtigkeit oder Schwere wird eher hervortreten bei einem V als bei dem mehr in der Mitte aller V stehenden Hauptgewicht H. Ferner wird das Urteil im allgemeinen mehr durch den Eindruck des zweiten Gewichtes bestimmt als durch den des ersten. — Für die typische Tendenz dagegen ist zu beachten, daß erfahrungsgemäß die kräftigen Heber (Turner, überhaupt gewöhnlich Männer) den positiven Typus zeigen, dagegen schwache Heber den negativen Typus. Nun ist leicht zu begreifen, daß kräftige Heber bei einem Gewicht öfter den Eindruck der Leichtigkeit erfahren als den der Schwere. Wenn also nach dem absoluten Eindruck geurteilt wird oder derselbe wenigstens mitbestimmend ist, so werden sie ein leichtes Vergleichsgewicht eher für sehr leicht erklären als ein schweres Vergleichsgewicht für sehr schwer. Umgekehrt beim negativen Typus.

Müller hat Regeln entwickelt, welche gestatten, aus den Versuchsresultaten Bestehen und etwaige Stärke des *Fechner*schen Zeitfehlers, der generellen Urteilstendenz und des Typus zu bestimmen (vgl. Methodik § 25). — *Ziehen* (ZPs 71 [1915]) stellte bei Vergleichung von Taststrecken, wie von Schallstärken, das außerordentlich häufige Vorkommen eines absoluten Eindrucks der Länge bzw. Intensität fest. Er rechnet bei gewöhnlichen Vergleichungen auf 20—40% sicherer absoluter Eindrücke. Indessen findet er nicht, daß dieser Eindruck das Vergleichen ersetze; nur äußerst selten war der absolute Eindruck eines Reizes allein bestimmend.

Schon früher hatte *A. Lehmann* (a. a. O. III) das Wesentliche der *Müller*schen Theorie, die Unterscheidung von Zeitfehlern, genereller und typischer Urteilstendenz und ihre Kriterien bestätigt. Doch wendet er sich gegen die vermutungsweise ausgesprochene Erklärung der Unterschiede aus Ermüdung und Anregung und gegen die Behauptung des Fehlens eines wahren Vergleiches. Es würde sonst folgen, daß alle diese Tendenzen wegfallen müßten, wenn man den Vergleich streng durchführte oder Urteile nach dem absoluten Eindruck ausschlösse. Indessen, bei *Lehmanns* Versuchen mit Schallintensitäten zeigen sich auch trotz fest eingehaltenen Vergleichens alle drei Tendenzen. Nach ihm sind diese drei Tendenzen überhaupt nicht

verschiedene Ursachen, sondern drei verschiedene Wirkungen derselben Ursache: der Bahnung; er leitet die entsprechenden Gleichungen aus seinem Bahnungsgesetz ab. So begreift man auch leichter die Ausdehnung dieser Gesetzmäßigkeiten auf die verschiedenen Sinnesgebiete.

Theophil Lehmann (ArGsPs 41 [1921]) verglich drei verschiedene Zeitstrecken (zwischen 60 und 160 σ), je mit 7 verschiedenen Vergleichsstrecken. Er verlangte dann in der zweiten Zeitlage, d. h. bei der Folge Vergleichsstrecke—Hauptstrecke (*V*—*H*), schon gleich nach *V*, also vor dem Erscheinen des *H*, das Urteil abzugeben, wenn es möglich sei. Das gelang in der Tat in 80% der Fälle mit derselben Richtigkeit wie sonst. Das kürzere *V* machte dabei den Eindruck der absoluten Kürze, der übereilten Bewegung; das längere *V* den der Pause nach dem ersten Geräusch. Wurden nach längerer Einübung hintereinander allein verschiedene *V* ohne *H* geboten, so waren dieselben ebenso sicher zu schätzen wie sonst. Selbst nach dreitägiger Pause war die Einstellung genügend, um die allein gebotenen *V* richtig zu beurteilen. — *Brunswig* hatte den Eindruck des Leichten und Schweren unterschieden, den ein Gewicht allgemein mache, und den bei Versuchen vorkommenden kontrastbedingten Eindruck, der in Wirklichkeit relativ sei. Nach *Lehmann* kann man bei den großen Zeitabständen oder im Falle allein gebotener Vergleichsstrecken nicht wohl von Kontrast reden, außer zu einer Einstellung, und da wird das Erleben der allgemeinen Leichtigkeit und Schwere von derselben Art sein, nur diesmal durch alltägliche Erfahrung bewirkt. Subjektiv erscheint der Eindruck beidemal gleich beziehungslos. — *Katz* und *Benussi* (S. 381) hatten innerhalb des Gebietes von 100—2000 σ absolute Eindrücke des Kurzen, Adäquaten und Langen gefunden. Hier nun zeigte sich innerhalb des engen Bereiches von 60—160 σ genau dieselbe Verschiedenheit der Eindrücke, offenbar eine Folge der Einübung auf einen bestimmten Mittelwert. Es handelt sich um eine sensorische Einstellung auf die Mitte des Gebietes hin, die ganz ähnliche Eigenschaften besitzt wie die später zu beschreibende motorische Einstellung.

Dasselbe bestätigen die Versuche von *Fritz Herrmann* (ArGsPs 41 [1921]), der im absoluten Eindruck die Nachwirkung nicht eines bestimmten Reizes, sondern einer Resultanten aus ihnen nachweist. Er erinnert auch an die schon früher bekannten alltäglichen Erfahrungen: Trägt man statt der eigenen Uhr eine Zeit lang eine kleinere, so erscheint einem die eigene nachher zunächst größer als früher. Das erweist die eingeschlossene Beziehung: Das Objekt erscheint nicht einfachhin groß, sondern nur mit Rücksicht auf ein ganz bestimmtes anderes; also herrscht doch eine gewisse Kontrasttäuschung (nicht ein „groß"-Erscheinen, sondern ein „größer als dieses Objekt"-Erscheinen). Freilich beweist das nicht, daß das andere Glied gesondert im Bewußtsein stehen müsse. Es genügt als Grundlage des Urteils durchaus der auf unbewußter Einstellung beruhende absolute Eindruck, da dieser ein genügendes Anzeichen dafür ist, daß die ausgesagte Beziehung vorliegt.

§ 7. Die genaue Behandlung der Grenzmethode.

1. Die Fehlerquellen dieser Methode. Gewöhnlich treffen die Endwerte einer auf und ab steigenden Reihe nicht genau zusammen, sondern bleiben voneinander entfernt oder kreuzen sich. Daß sie auseinander bleiben, ist leichter verständlich; denn wegen der zufällig schwankenden Schwelle ist zu vermuten, daß die Grenzempfindung schon einmal eingetreten ist, bevor der eigentliche Schwellenpunkt erreicht wird, um möglicherweise bei weiterem Fortschreiten zunächst wieder zu verschwinden. Im selben Sinne kann auch der Einfluß der Erwartung wirken. In entgegengesetztem Sinne wirkt dagegen eine Art Beharrungstendenz, die das bis dahin ausgesprochene Urteil festhält, wenn auch die Empfindung nicht mehr da ist.

Geht man von einer tönenden Stimmgabel so weit weg, bis sie eben nicht mehr gehört werden kann, so ist dieser Punkt der Ebenunmerklichkeit weiter entfernt als beim Herankommen der Punkt der Ebenmerklichkeit. Im letzteren Falle ist wohl die Aufmerksamkeit nicht so scharf auf die genaue Empfindung eingestellt, um sie vom Hintergrund abzuheben, als wenn diese gegenwärtig ist und allmählich erst verschwinden soll. Wechselt man den Ausgangspunkt der Reihen und die Stufengröße nicht genügend, so kann sich auch bei der Versuchsperson ganz unwillkürlich eine Einstellung auf die soundso vielte Stufe ausbilden.

Um diese Fehlerquellen zu vermeiden, wird empfohlen, „Vexierversuche" einzuschieben, bei denen überhaupt nicht geändert wird. Das Hauptmittel ist übrigens: Man muß systematisch in einer von der Versuchsperson nicht zu durchschauenden Weise den Ausgangspunkt und die Stufengröße wechseln, so daß eine Einstellung auf die Stufenzahl sich nicht ausbilden kann. Immerhin hat die Wirksamkeit dieser Mittel ihre Grenze. Die Stufe darf nicht zu klein sein, um nicht durch übermäßig viele Versuche zu ermüden. Auch läßt sich nicht vermeiden, daß der Gang der Veränderung erkannt wird.

Eine volle Ausschaltung aller Erwartungsfehler ist nur zu erreichen, wenn man die Methode mit der Konstanzmethode in dem Sinne verbindet, daß das Verfahren nach der Konstanzmethode, die Berechnung nach der Grenzmethode ausgeführt wird. Man läßt also die Vergleichsreize eine Vollreihe zweiten Ranges bilden und bietet jedes Reizpaar in zufälligem Wechsel. Die Berechnung geschieht wie gewöhnlich bei der Grenzmethode. Diese Verbindung empfehlen *Müller, Urban, Wirth.* Nach *Urban* ist das alte Verfahren des regelmäßigen Auf- und Absteigens nur dann empfehlenswert, wenn man eine rasche Feststellung der Schwelle braucht, oder zum Zwecke einer vorläufigen Übersicht. Allerdings hat man bei dieser Abänderung der Methode dann auch unmittelbar das Material einer Vollreihe und kann die vollkommenere Berechnungsweise dieser anwenden. Es ist also diese Verbesserung der Grenzmethode zugleich ihre Überführung in die Methode der Vollreihen, die nach *Wirth* die eigentliche vollkommene Methode ist.

2. Verschiedene Berechnungen der Schwellenpunkte. An und für sich lassen sich sehr verschiedene Punkte der beurteilten Reizreihe zur Berechnung der Schwellen verwenden. Bezeichnen wir beim absteigenden Verfahren für die obere und untere Unterschiedsschwelle zusammengenommen mit a das „letzte Größer" (d. h. den letzten Wert, wo $V > H$ erscheint), ähnlich mit b das „erste Nicht-Größer", mit c das „letzte Nicht-Kleiner", mit d das „erste Kleiner". Entsprechend heiße beim aufsteigenden Verfahren: d' = das „letzte Kleiner", c' = das „erste Nicht-Kleiner", b' = das „letzte Nicht-Größer", a' = das „erste Größer". Ist die zufällige Variabilität klein, so folgen diese Werte in der Reihenfolge $abcd$; wenn die Variabilität groß ist, können aber Vertauschungen dieser Punkte vorkommen. Die gewöhnliche Berechnungsweise benutzt von diesen acht Werten nur vier, nämlich für die obere Schwelle U_o den Wert $\frac{b+a'}{2}$; für U_u den Wert $\frac{d+c'}{2}$. *Higier* schlägt dagegen vor, alle acht Werte zu benutzen, nämlich für U_o den Wert $\frac{a+b+a'+b'}{4}$; für U_u den Wert $\frac{c+d+c'+d'}{4}$.

Sanford empfahl, bei der Grenzmethode nicht mit dem ersten abweichenden Urteil aufzuhören, sondern weiterzufahren, um zu prüfen, ob es sich in den folgenden Urteilen bestätige. Man kann sich so vor groben Versehen schützen. Der eben-

merkliche positive Unterschied ist also nicht mehr der kleinste Reiz, bei dem das Urteil „größer“ abgegeben wird, sondern der kleinste Reiz, auf welchen das Urteil „größer“ fällt, während zugleich auf keinen der folgenden Vergleichsreize ein anderes Urteil als „größer“ abgegeben wird. *Urban* prüfte die Wirkung der Vorschrift theoretisch nach und fand, daß dadurch der Wert der zu bestimmenden Größe nicht wesentlich beeinflußt werde. Es ist also eine wahre Vorsichtsmaßregel, welche Irrtümer und Versehen ausschließt und mit Nutzen angewendet wird, wo man die Grenzmethode in der hergebrachten Form benutzen will. Die Regel ist vielfach befolgt worden. — *Lipps* (§ 9) schlägt vor, in anderer Weise das Verfahren der Grenzmethode mit der Berechnung der Konstanzmethode zu verbinden. In wiederholtem auf- und absteigenden Verfahren läßt er jeden einzelnen Vergleichsreiz gleich oft mit dem Hauptreiz vergleichen und verzeichnet jedes Urteil. So erhält er die Tabelle der *g*-, *u*-, *k*-Urteile, aus denen die Schwellenpunkte (bei $g = 0{,}5$; $k = 0{,}5$) gefunden werden.

3. Die Bedeutung der Methode. Die Schwellenwerte U_o, U_u, zu denen man in der Grenzmethode gelangt, stimmen nicht notwendig mit den bei der Konstanzmethode gefundenen Schwellenwerten S_o, S_u überein. Gewöhnlich sind nämlich die Nebenumstände, unter denen beide gewonnen werden, keineswegs gleich. Bei der Grenzmethode spielen die Erwartungseinflüsse usw. eine Rolle, die nicht ganz ausgeschaltet werden kann. Anderer Art sind bei unregelmäßigem Wechsel die Beeinflussungen der Aufmerksamkeit. Ferner werden U_o und S_o nur dann zusammenfallen, wenn die Fehlerkurve der zufälligen Werte der betreffenden Schwelle eine symmetrische ist. Die Grenzmethode benutzt ja zur Berechnung der Schwelle nur die Grenzwerte, die Konstanzmethode dagegen alle, weshalb eine unsymmetrische Anhäufung der Werte die beiden Mittel auseinander treiben muß. In der Tat zeigte sich bei den Versuchen von *Merkel* und *Mosch* zwischen den nach beiden Methoden berechneten Schwellen keine Übereinstimmung; dagegen bestand sie bei Versuchen von *Lorenz*. Die Verschiedenheit der Urteilsbedingungen kommt dagegen in Wegfall, wenn man die beiden Methoden in der vorhin beschriebenen Weise verbindet, d. h. Vollreihen mit zufälligem Wechsel anwendet. Ist dann das Verteilungsgesetz der oberen und unteren Unterschiedsschwelle ein symmetrisches, so muß S_o mit U_o zusammenfallen. Der Einfluß der Zeit- und Raumlage wird in derselben Weise berücksichtigt wie bei der Konstanzmethode.

Wirth: Der Grundgedanke der Grenzmethode war, den Schwellenwert möglichst direkt zu bestimmen, indem man ihn beim Durchlaufen einer geschlossenen Reihe von Abstufungen unmittelbar als eine ausgezeichnete Stelle herauszufinden suchte. *Fechner* glaubte in der Auffassung des Schwellenreizes die besondere Qualität der Ebenmerklichkeit zu finden. Erst *Müller* und *Wundt* suchten die objektive Grenze durch das erstmalige Auftreten der neuen Urteilsart. Daher der Name Grenzmethode.

§ 8. Die genauere Berechnung der Herstellungsmethode.

Gewöhnlich begnügte man sich hier, den konstanten und den mittleren variablen Fehler zu bestimmen. Man suchte in dieser Methode, den Vergleichsreiz dem Normalreiz (N) möglichst gleich zu machen. Das Mittel der so hergestellten Vergleichsreize sei F. Dann ist $F - N$ der konstante Fehler, der von Raum- und Zeitlage usw. abhängt. Sind ferner $d_1 = F_1 - F$; $d_2 = F_2 - F$ . . . die einzelnen variablen Fehler, so ist der mittlere variable Fehler $d_m = \frac{1}{n} \cdot Sd$; oder, unter Berücksichtigung der endlichen Anzahl der Versuche, nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung genauer:

$$d_m = \frac{S\,d}{\sqrt{n\,(n-1)}}.$$

Lehmann bestimmt in seinem Verfahren der Herstellungsmethode (S. 466) den Punkt der Gleichheit mittelbar, indem er von außen her kommend die Punkte beobachtet, bei denen der Unterschied von dem Normalreiz (n) eben verschwindet, die obere und untere Grenze des Gleichheitsintervalles v_o und v_u. Der scheinbare Gleichheitspunkt bestimmt sich dann so: Aus den einzelnen v_o (ebenso v_u) berechnet man das Mittel und die Streuung der Fehler nach den allgemeinen Grundsätzen. Stimmt die Streuung mit dem *Gauß*schen Gesetz überein, so ist $v_m = \frac{v_o + v_u}{2}$ der wahrscheinliche Wert des Gleichheitspunktes (v), das dem n gleich erscheint. — Das Resultat der Messungen ist dann zusammengefaßt in den drei Größen: dem v_m, ferner der mittleren Breite $b = \frac{1}{2}(v_o - v_u)$ und dem durchschnittlichen Fehler der Grenzbestimmungen. Wenn die Fehlerkurven bei der Bestimmung von v_o und v_u asymmetrisch sind, so ist das Dichtigkeitsmaximum der Fehlerkurven jedes Grenzreizes zu suchen. Dafür teilt man die ganze Strecke, auf welche sich die Werte verteilen, in eine passende Anzahl kleinerer Teile und zählt nach, wie viele Werte in jeder Gruppe liegen. Diese Zahl sieht man als die Häufigkeit des mittleren Wertes der Teilstrecke an und trägt sie als Ordinate auf der Mitte der Strecke auf. So erhält man die unsymmetrische Fehlerkurve. Um das Dichtigkeitsmaximum zu bestimmen, muß man die Kurve zunächst ausgleichen und kann dann mit den früheren Formeln das Maximum berechnen. Darauf bestimmt man die Genauigkeit der Messung, indem man für jeden Ast der Kurve den mittleren Fehler aufsucht. Die Mitte bestimmt sich wieder aus den beiden Grenzen. (Genauer siehe das hier nur angedeutete Verfahren bei *Lehmann,* § 14.)

Das angegebene Verfahren hat große Ähnlichkeit mit demjenigen, welches *Müller* als die Bestimmung gleichwertiger Reize durch die Grenzmethode beschreibt. Die Fehler der Grenzbestimmungen hängen hier nicht, wie bei dem vorher beschriebenen d_m der Herstellungsmethode, von den Unterschiedsschwellen ab, sondern nur von dem Grade der zufälligen Variabilität. In gewisser Beziehung ist diese Herstellungsmethode nur eine unvollständigere Grenzmethode, indem statt der vier Werte nur zwei berücksichtigt werden. Ihre Eigenart liegt nur im Verfahren, indem eine möglichst feine Herstellung durch die Versuchsperson selbst ausgeführt wird, weshalb man keine zwei Personen braucht.

§ 9. Die Bestimmung gleich erscheinender Reizunterschiede.

1. Die Berechnung bietet hier nichts Neues, sondern ist nur eine Anwendung der schon besprochenen verschiedenen Methoden auf ein neues Gebiet. — *Plateau* benutzte zunächst eine Art Herstellungsmethode: er ließ zu einem gegebenen weißen und schwarzen Quadrat von verschiedenen Malern ein Grau herstellen, das ihnen dazwischen die Mitte zu halten schien. *Delboeuf* verwendete die Grenzmethode; er veränderte die mittlere Helligkeit von oben und unten her kommend so lange, bis die subjektive Mitte erreicht schien. Dasselbe erreichte etwas vollkommener *Lehmann,* indem er die gewöhnlichen vier Punkte bestimmte.

Die Konstanzmethode. Es sei unter den drei Reizen $A\,B\,C$ etwa B veränderlich. Dann läßt man beurteilen, ob B oberhalb der subjektiven Mitte oder in derselben oder unterhalb zu liegen scheint, und stellt so die gewohnte Tabelle von Urteilen für die einzelnen Vergleichsreize her; wir bezeichnen die relativen Zahlen der Urteile (oberhalb, mitten, unterhalb) mit o, m, u. Für die Berechnung der scheinbaren Mitte bestehen dann verschiedene Möglichkeiten.

Lorenz und andere suchten durch direkte Interpolation, für welches B die Zahl $o + m/2 = m/2 + u = 50\,\%$ sei. Dasselbe Prinzip kann man natürlich auch

unter Voraussetzung des *Gauß*schen Fehlergesetzes genauer durchführen. Man kann für B die Formel verwenden:

$$o + \frac{m}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,\Phi\,[h\,(B - B_m)],$$

woraus man, wie gewöhnlich, B_m und h nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet und durch Rückwärtseinsetzung die Gültigkeit des *Gauß*schen Gesetzes selbst prüfen kann. Allerdings liegt in der gleichmäßigen Verteilung der m eine gewisse Willkür. — Einwandfreier ist daher, B_o als denjenigen Mittelwert zu bestimmen, bei dem die o-Urteile 50 % ausmachen; B_u als denjenigen, bei dem die u-Urteile 50 % ergeben, entweder durch direkte Interpolation oder mit Hilfe des *Gauß*schen Fehlergesetzes. Dann erhält man in $B_o - B_u$ das mittlere Gebiet der Unentschiedenheit. $B_m = \frac{B_o + B_u}{2}$ kann man dann als subjektive Mitte betrachten. — Um jedes willkürliche Verteilungsgesetz zu vermeiden, kann man auch hier wieder die Methode der Vollreihen anwenden und darin B_m unmittelbar als Durchschnitt der m-Urteile bestimmen. Natürlich läßt sich auch B_o und B_u nach den Prinzipien der Grenzmethode berechnen, wenn man jedesmal alle verschiedenen Reize in einer Reihe nacheinander gegeben hat.

In der Reihe $A\,B\,C$ kann man auch A oder C als veränderlichen Reiz betrachten. Ebenso kann man $A\,B = C\,D$ herstellen lassen, wobei ein beliebiger der vier Reize veränderlich sein kann. — Der Raum- oder Zeitfehler läßt sich auf diesem Gebiete der Reizunterschiede unmöglich eliminieren. Selbst wenn es hier nur *Fechner*sche Fehler gäbe, wäre die Differenz der äußersten Reize zu groß, als daß man auf gleichen absoluten Wert der Fehler rechnen könnte. Außerdem handelt es sich nicht um zwei, sondern um drei Reize. Natürlich muß man trotzdem mit der Zeit- und Raumlage abwechseln, um wenigstens einen Überblick über die Größe der Fehler zu erlangen. *Lehmann* wendet auch hier sein allgemeines Bahnungsgesetz an, wodurch seine eigenen Versuche wie frühere von *Merkel* sich befriedigend erklären.

2. Haben wir eine eigentliche Vergleichung von Empfindungsunterschieden? (*Müller* § 45.) Die Sicherheit des Urteils, mit der eine Empfindung als Mitte zweier andern geschätzt wird, beweist nicht sofort, daß wirklich die Gleichheit von Empfindungsunterschieden erkannt worden ist; ebensowenig die Tatsache, daß da die Resultate sich gleichmäßig um einen Mittelwert scharen. Das kann auch geschehen, wenn eine andere konstante Ursache das Urteil bestimmt. Erforscht man, auf welche Weise die verschiedenen Beobachter zu ihrer Schätzung der subjektiven Mitte kommen, so findet man verschiedene Methoden (vgl. *Fröbes,* ZPs 36, 241 ff.; *Jacobsohn,* ZPs 43, 40 ff.; *Heine,* ZPs 54, 56 ff.). Einige durchgehen die Reize der Reihe nach und verspüren beim Übergang einen Ruck, nach dessen Größe sie den Abstand bemessen. Andere benutzen ein räumliches Schema, das ihnen aus der Erfahrung vorliegt, und tragen die Reize an der passenden Stelle ein; indessen besteht keine Gewähr, daß die räumliche Ausbreitung des Schemas der subjektiven Entfernung der Intensitäten genau parallel gehe. *G. E. Müller* erprobte bei sich und manchen andern die „Kohärenzmethode"; er untersucht die relative Leichtigkeit, mit der die Reize $A\,B$ und $B\,C$ in je ein Paar zu vereinigen waren. Wenn A und B sich von selbst als zusammengehörig darbieten, während C allein steht, so wird sofort $A\,B < B\,C$ beurteilt; wenn sich dabei auch mit Anstrengung B mit C nicht zusammenfassen läßt, so gilt $A\,B$ als viel kleiner wie $B\,C$. Wenn sowohl $A\,B$ wie $B\,C$ sich zusammenfassen lassen, dann wird versucht, ob nicht eine dieser Zusammenfassungen doch leichter und andauernder festgehalten werden kann als die andere; wenn das nicht der Fall ist, lautet das Urteil „unentschieden". Gewiß werden diejenigen Eindrücke, die sich leichter kollektiv

auffassen lassen, im ganzen weniger verschieden voneinander sein als die übrigen. Aber es ist unbekannt, ob die Verschiedenheit des Kohärenzgrades und die Verschiedenheit der Empfindungsunterschiede einander parallel gehen. Der Kohärenzgrad hängt ja auch von vielem andern ab, von Qualität, Eindringlichkeit, Ausdehnung, räumlicher Beziehung, Gewohnheit usw. *Lehmann* findet diesen Einwand nicht stichhaltig. Ob man zwei Empfindungen eine größere Kohärenz oder einen kleineren Unterschied beilege, scheint ihm dasselbe. *Wirth* (Psychophysik 305 ff.) glaubt, daß man lernen könne, von der Ablenkung durch fremde Ursachen abzusehen, wenn man nur anfangs die Differenzen groß genug nehme. Er beruft sich auf Versuche von *Laub*, in denen die Vergleichung der Unterschiede als solcher möglich gewesen sei.

In der Tat scheint der Einwand *Müllers* nur das zu beweisen, daß es praktisch sehr schwierig ist, von allen fremden Einflüssen abzusehen, welche neben der Verschiedenheit der Empfindungsintensität den Eindruck der Ähnlichkeit mitbestimmen. Deshalb kann leicht eine bloße Gewohnheit des Zusammenfassens zweier Reize oder eine Ähnlichkeit in der Eindringlichkeit oder sonstiges mit der gesuchten Ähnlichkeit verwechselt werden. Es ist Sache der geduldigen Forschung, die wirksamen Umstände überhaupt erst vollzählig kennen zu lernen, und noch mehr, sie sondern zu lernen. Setzen wir indessen diesen Prozeß einmal als befriedigend gelöst voraus, so scheint es dann wenigstens im Prinzip richtig, was *Lehmann* und *Wirth* betonen, daß mit der größeren Kohärenz eben die größere Ähnlichkeit, die kleinere Verschiedenheit in der untersuchten Eigenschaft gemeint sei. Auch *Jacobsohn* bezeichnet es nur als „Wechsel des Ausdruckes", ob man von leichterer Zusammenfassung rede oder von größerer Ähnlichkeit. Insofern gäbe es sicher eine, wenn auch vielleicht praktisch schwer erreichbare, eigentliche Vergleichung von Empfindungsunterschieden.

Zweites Kapitel.

Die Messung der Empfindungsintensität. Das *Weber*sche Gesetz.

Literatur. *Lehmann*, Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände II (1901) und III (1905). — *Titchener*, Experimental Psychology Vol. II, Part 2 (1905), Introduction.

§ 1. Das Maßprinzip der Empfindung.

1. Die Lösung der Frage durch *Fechner*. Läßt sich die Empfindung ihrer Intensität nach messen, so daß man sagen könnte, diese Lichtempfindung ist zwei-, dreimal so stark als jene andere? Wir stellen die Frage zunächst bei der Empfindung. Aber sie könnte natürlich in ähnlicher Weise bei andern psychischen Größen aufgeworfen werden, z. B. beim Gefühl, das ebenso Intensität hat.

Um von dem Sicheren auszugehen, so macht zunächst die Messung der Empfindlichkeit eines Sinnesorgans keine Schwierigkeit. Ist an einer Stelle ein halb so großer Reiz als anderswo nötig, um eben empfunden zu werden, so ist am ersteren Orte die Empfindlichkeit doppelt so groß. Ähnlich kann man die Empfindlichkeit für Reizunterschiede messen. Aber damit haben wir noch kein Maß der Empfindung.

Was die Größe der Empfindung selbst angeht, so können wir unmittelbar nur folgendes entscheiden: 1) daß zwei Empfindungen verschieden

groß sind, und welche größer; 2) daß die Unterschiede klein, groß, mittelgroß sind usw.: wir können die Größe des Unterschieds in allgemeinen Ausdrücken beurteilen. 3) Sind drei Reize in wachsender Größe gegeben, etwa drei Helligkeiten, so kann man im allgemeinen die Frage beantworten, ob der mittlere Reiz *b* näher bei *a* oder bei *c* erscheint. Darauf beruht ja die Untersuchung der gleich erscheinenden Reizunterschiede. Dagegen können wir niemals von zwei Empfindungen dem subjektiven Eindruck nach sagen: die eine ist doppelt so groß als die andere. Wir kennen unmittelbar nur das Mehr oder Weniger, nicht das Wievielmal.

Die Grundfrage für die Empfindungsmessung ist nun: Ist es wenigstens indirekt möglich, auf das Wievielmal der Empfindung zu kommen, festzustellen, daß eine Empfindung das Doppelte der andern ist? Sind die Empfindungsintensitäten überhaupt prinzipiell meßbare Größen; und wenn ja, ist ein Weg gangbar, auf dem diese Messung verwirklicht werden könnte? *Fechner* findet es zunächst selbstverständlich, daß der Empfindungsintensität Größe zukomme. Auch das Geistige hat quantitative Verhältnisse. Es gibt eine größere oder geringere Stärke der Empfindungen, der Triebe, der Lebhaftigkeit der Bilder, der Helligkeit des Bewußtseins usw.

Zu einem wirklichen Maß aber führen nach ihm folgende Erwägungen: Das Verfahren, ein psychisches Maß anzuwenden, wäre offenbar sehr einfach, wenn die Größe der Empfindung der Größe des Reizes direkt proportional gesetzt werden dürfte, so daß also einem doppelten Reiz eine doppelte Empfindung entspräche usw. Wir könnten dann die Maßzahlen der Empfindungen mit Hilfe derjenigen der Reize einfach ablesen, ähnlich wie wir die Wärmegrade an der Längenskala des Thermometers ablesen. Weiter aber ist die Proportionalität nicht notwendige Bedingung für ein psychisches Maß. Auch jede andere funktionelle Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung könnte ein Maß liefern, vorausgesetzt, daß sie selbst nur erst bekannt wäre. Wenn ich wüßte, daß zu den Empfindungen 1 2 3 4 usw. die Reize 1 4 9 16 usw. gehörten, dann wäre die Maßzahl der Empfindung allgemein gleich der Quadratwurzel aus der Anzahl der Reizeinheiten.

Die einzige Frage ist also: Wie kann man jene Funktion finden, die zwischen Reiz und Empfindung besteht, ohne schon eine Reihe zusammengehöriger Maßzahlen von Reiz und Empfindung vorauszusetzen? *Fechners* Lösung lautet: Die Empfindung läßt sich in eine Summe gleich großer positiver Zuwüchse zerlegen, aus denen sie von Null anfangend bis zu ihrer jetzigen Größe angewachsen ist. Man kann ja durch Versuche von Null an die ganze Reihe von Ebenmerklichkeitsstufen festlegen, welche nötig waren, um die jetzige Empfindung hervorzubringen. Diese Stufen sind, weil alle ebenmerklich, alle für das Bewußtsein gleich. Es ist also möglich, die Empfindung (wenigstens indirekt) als ein bestimmtes Vielfaches einer Einheit darzustellen, sei diese Einheit eine Stufe oder eine willkürlich gewählte Anzahl von Stufen.

Um daher das Gesetz der Zuordnung von Reiz und Empfindung zu bestimmen, geht man so voran: Man baut die durch ihren Reiz bestimmte Empfindung aus ihren gleich großen (ebenmerklichen) Zuwüchsen auf und bestimmt immer die zur wachsenden Empfindung gehörigen Reize. Dann

hat man in den Zuwüchsen, welche die Empfindung ausmachen, die Reihenfolge der natürlichen Zahlen 1 2 3 4 usw. als die sich folgenden Empfindungsgrößen. Bei den zugehörigen Reizen untersucht man weiter, welchem mathematischem Gesetz sie möglichst genau entsprechen. Das ist dann das verlangte Abhängigkeitsgesetz. Fügte sich übrigens die Reihe keinem einfachen mathematischen Gesetz, so könnte man sich noch immer mit der empirisch festgelegten Tabelle der zusammengehörigen Werte von Reiz und Empfindung zufrieden geben und daraus zu jedem Reize die zugehörige Empfindung in Empfindungseinheiten ablesen. Wären z. B. die zu den Empfindungsgrößen 1 2 3 gehörigen Reize in einem physikalischen Maß 5 13 25 usw., so wüßte ich, daß eine Empfindung *a*, die dem Reiz 20 entspräche, zwischen den Empfindungen 2 und 3 läge.

Selbstverständlich wird dabei die Empfindung auf eine Maßeinheit ihrer Art, eine Empfindung zurückgeführt, und nicht etwa als das Vielfache eines Reizes erklärt. Die mathematische Formel besteht nicht zwischen Reiz und Empfindung als solchen, sondern, ähnlich wie bei physikalischen Messungen, nur zwischen den Maßzahlen beider. Wenn z. B. jemand annähme, die Intelligenz eines Menschen sei seinem Gehirngewicht proportional, so könnte er die Intelligenz in einer einfachen Formel als vom Gehirngewicht abhängig darstellen, ohne deshalb behaupten zu müssen, die Intelligenz selbst sei ein Vielfaches des Gehirngewichtes.

2. Der Streit um das *Fechner*sche Maßprinzip. An dieser Ableitung *Fechners* sind besonders zwei Punkte angegriffen worden: einmal die Behauptung, daß die Empfindungsintensität sich als eine Summe von Zuwüchsen darstellen lasse, ferner die Voraussetzung, daß die ebenmerklichen Zuwüchse als gleich groß angesetzt werden können. Ausführlich berichtet darüber *Titchener*. Auf die zweite Voraussetzung, daß ebenmerklich gleich groß sei, kommen wir später eingehender zurück. Es genüge vorwegzunehmen, daß diese Voraussetzung vielfach als tatsächlich annehmbar betrachtet wird. Wichtiger ist uns hier die grundlegende Frage, ob überhaupt eine meßbare Größe vorliegt, und worin sie besteht.

Da hat sich nach *Titchener* immer mehr die Auffassung Bahn gebrochen, daß das eigentlich Meßbare nicht die Empfindungsintensität sei, sondern der Abstand zwischen den Empfindungen oder zwischen einer Empfindung und dem Nullpunkt. In einem gewissen Sinne sei die Empfindung eine Größe, da wir von einem Mehr oder Weniger der Empfindung reden können. Aber sie ist keine Quantität, keine meßbare Größe. Denn wir können keine Addition oder Subtraktion von mehreren Empfindungen ausführen. Schon *v. Kries* sprach das aus: Die Gleichartigkeit der Elemente, welche unsre Raum- und Zeitvorstellung auszeichnet, fehlt den intensiven Empfindungsreihen. In dem starken Ton steckt nicht soundsovielmal der schwache wie im Fuß der Zoll. Ähnlich *Stumpf, Höfler* und andere. Nach *Titchener* verbirgt sich in der *Fechner*schen Auffassung der gewöhnliche Irrtum, welcher die Empfindung als Abbild des Reizes denkt, bei dem mehrere kleine einem größeren gleich sind. Daß eine Intensität größer ist als eine andere, heißt mithin, daß sie auf der Linie der Intensitäten vom Nullpunkt weiter weg liegt. Die Distanzen auf der Intensitätslinie sind allein meßbar. Diese Auffassung findet *Titchener* bei *Delboeuf, Wundt, Stumpf, James, Meinong, Höfler, Stout, G. E. Müller*.

Besonders eingehend führt *Ebbinghaus* die Abstandstheorie durch. Die Einheit der Empfindung wird willkürlich gewählt. Sie wird an andere Empfindungsgrößen angelegt, indem man letztere in eine Reihe aneinander anschließender Teilstufen einteilt, die sämtlich für den unmittelbaren Eindruck der gegebenen Einheit gleich erscheinen, und dann die Anzahl dieser Stufen abzählt. Nicht das einzelne psychische

Gebilde, eine Helligkeit, eine Tonstärke, hat Größe, sondern nur der zwischen zweien bestehende und unmittelbar zum Bewußtsein kommende Abstand. Deshalb kann man auch nicht zwei einzelne Gebilde miteinander vergleichen, sondern nur zwei Stufen, deren jede wieder von zwei Empfindungen gebildet wird; ähnlich wie bei räumlichen Größen nicht die Endpunkte miteinander verglichen werden, sondern die durch sie begrenzten Linien. — Noch weiter entfernt sich *G. F. Lipps* (§ 6) vom *Fechner*schen Maßprinzip. Die quantitativen Verhältnisse der Empfindungen lassen sich völlig erklären durch bloße Reihenordnung, wie zwischen den sechs Permutationen der drei Elemente *a b c* eine bestimmte immer wiederherstellbare Ordnung besteht (*a b c, a c b, b a c, b c a, c a b, c b a*). Kein Glied dieser Permutationsreihe kann als Vielfaches oder Teil des andern angesehen werden, man kann keine Summe oder Differenz derselben bilden. Dagegen kann man eine bestimmte Richtung derselben festhalten und deshalb von einer größeren oder geringeren Entfernung zwischen zwei Gliedern der Reihe reden, je nachdem eine größere oder kleinere Anzahl von Gliedern durchlaufen werden muß. Den einzelnen Stufen selbst kann man keine Größe beilegen, wohl aber den Distanzen der Stufen. *Aliotta* (bei *Foucault*, AnPs 13 [1907], 18 ff.) geht sogar noch weiter. Er verwirft nicht nur den Begriff der Empfindungsintensität, sondern auch die Meßbarkeit der Distanz der Empfindungen. *Foucault* zieht daraus den Schluß, die Psychophysik als Wissenschaft von den Beziehungen des Physischen zum Psychischen habe überhaupt keinen Sinn.

3. Entscheidung. In den mannigfachen Kritiken der *Fechner*schen Ableitung herrscht darin Übereinstimmung, daß die Empfindungsintensität keine Größe von der Art der Raumgröße ist, keine extensive Größe. Ganz gewiß kann die größere Intensität nicht in nebeneinander liegende Teile zerlegt, zu andern addiert, von ihnen subtrahiert werden wie eine ausgedehnte Fläche. Damit eine Intensität wächst, muß nicht etwa ein neues Stück daneben gelegt werden; die Intensität verändert sich vielmehr innerlich, wächst zu einem höheren, aber in sich unteilbaren, einfachen Grad. Aber wenn man auch zugeben muß, daß die Intensität wesentlich andere Eigenschaften besitzt als die Ausdehnung, so bleibt doch die Frage offen, ob sie eine wahre und eine meßbare Größe sein könne.

Daß man mit *Lipps* die in eine Reihe gebrachten Empfindungsstufen als eine geordnete Reihe betrachten kann, deren Ordnungszahlen man dann den Reizen zuordnet, ist zweifellos richtig. Die Frage ist nur, ob man nicht mehr kann, ob das so Zugestandene wirklich dem Zeugnis der Selbstbeobachtung Genüge leistet. Eine Stufe in einer Permutationsreihe hat als solche keine Größe; man kann sie nicht stärker, schwächer nennen als eine andere davor oder dahinter gelegene. Aber gerade das ist es, was man mit natürlicher Selbstverständlichkeit von der Empfindung aussagt. Der Donner erscheint unmittelbar stärker als der Schall eines auf den Boden fallenden Steines. Das gleiche läßt sich zur Abstandstheorie von *Ebbinghaus* und *Titchener* sagen. Sicher ist die direkte Vergleichung der Empfindungen *a* und *b* auf ihre Größe hin etwas Klareres, Unmittelbareres als die Beurteilung der Differenzen *a—b* und *c—d*. Das erstere wird momentan ohne Vorübung leicht geleistet, das letztere ist oft recht schwierig. Gewiß mag man rechnerisch die Empfindungen *a* und *b* als Distanzen *a*—0 und *b*—0 hinstellen. Aber die Selbstbeobachtung weiß bei den einfachen Empfindungsintensitäten von solchen Abständen ebenso wenig,

wie bei der Erkenntnis der Verschiedenheit von Farbenqualitäten ihr verschiedener Abstand von einer Urfarbe berücksichtigt wird. — *Ebbinghaus* setzt die einzelnen Empfindungsstärken einzelnen Punkten gleich; Punkte aber seien nicht miteinander zu vergleichen, sondern nur die von je zweien derselben eingeschlossenen Abstände. — Aber einzelnen Punkten schreibt auch niemand Größe zu, ein Punkt heißt nicht größer, stärker als ein anderer. Dagegen geschieht eben dieses bei den Empfindungsstärken. Die Empfindungen sind also nicht Punkten, sondern vielmehr Linien zu vergleichen. Auch ist es nicht berechtigt, jeden Satz eines Forschers, der die Intensitätsmessung durch Abstandsmessung veranschaulicht, sofort im Sinne einer Leugnung einer wahren Intensitätsgröße aufzufassen.

Am besten werden wir allen Umständen Rechnung tragen, indem wir der Selbstbeobachtung folgend die Größennatur der Empfindungsintensität anerkennen, aber gleichzeitig die Eigenart dieser intensiven Größen im Gegensatz zur extensiven Größe nicht außer acht lassen. Die Empfindungsintensität ist nicht aus nebeneinander fortbestehenden Zuwüchsen zusammengesetzt, sondern vielmehr bei ihrem Wachstum durch aufeinanderfolgende Grade hindurchgegangen, welche höchstens in verschiedenen, gleichzeitigen Empfindungen nebeneinander verwirklicht sein können, etwa in einer Reihe eben unterscheidbarer Intensitäten. Bei der Eigenartigkeit dieser intensiven Größen ist es nicht zu verwundern, daß die gewöhnliche Art der Messung nicht unverändert auf sie übertragen werden kann. Man hat deshalb das Recht, für die Messung solch neuer Größen neue, allgemeinere Annahmen zu machen, welche nur der Beschränkung unterliegen, daß sie die Messung extensiver Größen als Sonderfall unter sich begreifen müssen.

Eine solche Annahme ist: Wenn von drei ihrer Größe nach sich folgenden Intensitäten a, b, c die erste a ebenso weit von b entfernt erscheint wie b von c, dann kann man b als das arithmetische Mittel von a und c betrachten; es gelte mithin $b = (a + c)/2$. Eine Folge ist, daß für $a = 0$ $b = c/2$ wird oder $c = 2b$, d. h. die doppelte Empfindungsintensität ist dann diejenige, die von der einfachen ebenso weit entfernt erscheint als diese von 0. Es braucht nicht weiter ausgeführt zu werden, daß die Messung extensiver Größen nur eine Anwendung dieser Festsetzung ist.

Der Unterschied dieser Ableitung von derjenigen *Titcheners* liegt darin, daß bei uns den Empfindungsintensitäten nicht die Eigenschaft der meßbaren Größe abgesprochen wird, sondern jeder einzelnen Empfindung verbleibt. Anderseits erkennen wir den berechtigten Gedanken jener Forscher an, daß zur Erkenntnis des Wievielmal zwischen Empfindungen niemals zwei Empfindungen allein genügen, zwischen denen direkt nur ein Mehr oder Weniger beurteilt werden kann, sondern daß man zu dieser Feststellung notwendig drei Empfindungen braucht.

Natürlich muß man bei der praktischen Bestimmung der Empfindungsabstände nach der bloßen Intensität der Empfindungen urteilen und alle Fehlerquellen ausschließen. Solange das nicht einwandfrei gelingt, bleibt die praktische Ausführung der Messung entsprechend unsicher. Das hindert aber nicht, das Prinzip als richtig und ausführbar anzuerkennen. Nach dieser grundsätzlichen Rechtfertigung ist die nächste Aufgabe, das empirische Gesetz der Zuordnung aufzusuchen.

§ 2. Die Bestimmungen der Schwellenwerte.

1. Einzelne Zahlenbestimmungen (vgl. *Wundt* und *Ebbinghaus*).

Tastsinn: die Unterschiedsschwelle für Druck. Mittels der Druckwage von *Stratton* fand sich, daß zwischen 75 und 200 *g* Belastung die relative Unterschiedsempfindlichkeit fast völlig konstant blieb, und zwar gleich $^1/_{18}$; d. h. also: bei 18 Einheiten des Reizes wurde die Zunahme um eine Einheit eben bemerkt. Diese Regelmäßigkeit findet sich auch auf andern Gebieten immer wieder. Innerhalb gewisser Grenzen zeigt sich die relative Unterschiedsempfindlichkeit für Empfindungsintensitäten konstant. Sie kann deshalb ohne Nennung des besondern Reizes in einem Bruch angegeben werden, wie es hier immer geschieht.

Die Spannung. Hier ergeben die Gewichtsversuche ebenfalls innerhalb gewisser Grenzen eine Konstanz der relativen Unterschiedsempfindlichkeit. Setzt man die beiden Gewichte gleichzeitig auf, so ist die Unterschiedsempfindlichkeit sehr klein, etwa $^1/_2$ bis $^1/_3$. Etwas feiner ist sie, wenn man beide nacheinander aufsetzt, und zwar am besten auf die gleiche Hautstelle. Viel feinere Resultate ergibt aktive Hebung; nach *G. E. Müller* kann dann die Unterschiedsempfindlichkeit auf $^1/_{50}$ bis $^1/_{70}$ steigen. *Truschel* fand für Gewichtshebungen auf eine kleine Wegstrecke eine relative Unterschiedsschwelle von $^1/_{50}$, *v. Frey* eine solche von $^1/_{70}$. Noch feinere Werte nach *v. Frey* haben wir schon früher kennen gelernt (S. 156).

Als absolute Schwelle für den Druck fand *Wiener* $^1/_{10\,000}$ Erg. *v. Frey* bestimmte die Schwelle relativ zur berührten Fläche = $^1/_{30}$ *g* auf 1 *qmm*; doch ist sie höher, wenn die Belastung sehr langsam geschieht, wie früher besprochen. Als absolute Schwelle fand *Goldscheider* für passive Armbewegungen bei den empfindlichsten Gelenken 0,2—0,6°. Der ebenmerkliche Winkel bei möglichster Geschwindigkeit der Bewegung geht bei Hand- und Schultergelenk bis hinab zu $^1/_4$°; bei aktiver Bewegung werden die Werte noch etwas kleiner. Von den wesentlich feineren Werten *Störrings* war schon die Rede (S. 153).

Für Schmerz durch Belastung der Haut war die Schwelle = 20—25 *g*, also tausendmal größer als für Druck. Bei Temperatur liegt die Unterschiedsempfindlichkeit bei sehr günstigen Bedingungen zwischen $^1/_{10}$—$^1/_{20}$°. Nach *Alrutz* ist von den Forschern auf diesem Gebiet in Wirklichkeit die absolute Schwelle gemessen worden, wenn sie auch Unterschiedsschwellen zu messen beabsichtigten. — Beim Geruch wie beim Geschmack bestehen genauere Bestimmungen insofern nicht, als man nicht weiß, was von der einwirkenden Substanz als Reiz zu rechnen ist. *Gamble* untersuchte für Geruch auch die Unterschiedsschwelle und fand bei vielen Stoffen die relative Unterschiedsempfindlichkeit = $^1/_3$—$^1/_4$.

Gehör. Die Unterschiedsschwelle wurde bei Geräuschen etwa zu $^1/_3$ angegeben; bei Tönen ist sie feiner, z. B. bei a^1 $^1/_8$, bei *a* $^1/_5$. Indessen haben neue Untersuchungen wesentlich feinere Werte ergeben (S. 101). Besondere Schwierigkeit bot hier immer die Frage, woran man den Schallreiz messen solle. *Lehmann* (III 47 ff.) zeigte, daß die Schallstärke proportional zum Fallgewicht und zur Fallhöhe wächst solange man Kugeln von gleichem Gewicht und Stoff benutzt (mithin das Fallgewicht durch Vermehrung der Kugeln ändert). Außerdem besteht bei aufeinanderfolgenden Schallstärken ein starker Zeitfehler, der sich durch das geometrische Mittel aus den zwei Zeitlagen beseitigen läßt. Nach *Lehmann* fällt er mit der Bahnung zusammen und ist von der Zwischenzeit abhängig: bei 1″ maximal, bei 5—7″ fast 0. Wenn dieser Bahnungszuwachs berücksichtigt wird, wird das Verhältnis zwischen den Reizen, die einen eben merklichen Empfindungsunterschied bewirken, konstant und für beide Zeitlagen gleich. Nur gibt es eine „untere Abweichung“, wo das Verhältnis um so größer wird, je kleiner die Reize. *Wien* berechnete den Reizumfang (das Verhältnis zwischen stärkstem und schwächstem Ton) auf etwa 625000 Millionen, so daß ein

noch stärkerer Ton dann nicht mehr eine stärkere Empfindung gäbe. Für die absolute Schwelle gibt *Nörr* als empirischen Wert: Der Fall eines Bleikügelchens von 7 *mg* aus 1 *mm* Höhe auf eine Eisenplatte war in 50 *cm* Entfernung eben noch hörbar. *Wien* fand für Töne bei a^1 die Schwelle = 1 *mg* μμ.

Gesicht. Unterschiedsschwelle: *Volkmann* fand Werte zwischen $^1/_{65}$ bei geringer bis zu $^1/_{195}$ bei größerer Lichtstärke. Dieselbe läßt sich mit *Massons* Scheiben leicht messen (Fig. 60). *Kräpelin* arbeitete mit konstant erhaltener Netzhautanpassung und fand sehr große Konstanz innerhalb weiter Grenzen: zwischen den Intensitäten 3,6 und 1000 schwankte die Unterschiedsempfindlichkeit zwischen $^1/_{100}$ und $^1/_{122}$. Die Gegend schärfster Unterschiedsempfindlichkeit liegt etwa bei der Helligkeit von weißem Papier in gewöhnlicher Tagesbeleuchtung. Am besten merkt man geringe Unterschiede der Helligkeit, wenn die Flächen ohne Trennungslinie unmittelbar nebeneinander liegen, nicht zu klein und möglichst frei von sonstigen Verschiedenheiten der Oberfläche sind. Aus diesen Gründen sind Drehscheiben besonders günstig. Man erkennt dann noch den Unterschied von $^1/_{120}$; dagegen, wenn man einfach zwei Objekte nebeneinander hält, nur etwa von $^1/_{30}$.

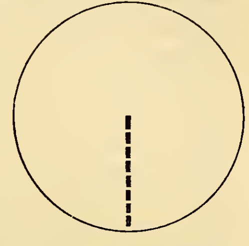


Fig. 60. *Masson*sche Scheibe. Der unterbrochene Halbmesser bildet bei Drehung eine Anzahl grauer Ringe, deren Helligkeit nach der Peripherie abnimmt. Der äußerste Ring, der eben noch vom Grunde unterschieden werden kann, gibt das Maß der Unterschiedsschwelle.

Nach *Lehmann* (III 163 ff.) verändert sich die Unterschiedsschwelle mit der Länge der Betrachtungszeit. Für mittlere Intensitäten unterscheidet man besser nach 3″; für höhere Intensitäten besser unter 3″. Also die Unterschiedsempfindlichkeit ist am größten nach Verlauf von wenigen Sekunden und nimmt dann mit der Zeitdauer ab, um so schneller, je höher die Intensität ist. — Die relative Schwelle nimmt mit wachsendem Reiz bis zu einem gewissen Mindestwert ab; von der Blendungsschwelle an, d. h. jener Reizintensität, bei der die eigentümlichen unangenehmen Blendungserscheinungen anfangen, steigt sie wieder. — *Hering* betont, daß die Veränderung der Gesamtbeleuchtung (die heute Transformation heißt) für die Konstanz der Unterschiedsempfindlichkeit keinen vollgültigen Beweis liefert, da hierbei die Helligkeitsänderung zu gewissem Teile subjektiv rückgängig gemacht wird.

Die Reizschwelle zu bestimmen ist hier unmöglich wegen des „Eigenlichtes der Netzhaut". Die geringste wahrnehmbare äußere Helligkeit ist die von schwarzem Samt, der von einer Stearinkerze in 8—10 *m* Entfernung senkrecht beleuchtet wird: diese kann von dem ausgeruhten Auge eben von dem nicht beleuchteten Samt unterschieden werden. *Aubert* schätzte angenähert diejenige Helligkeit, welche ebenmerklich das Eigenlicht der Netzhaut übertraf, auf $^1/_{300}$ derjenigen von weißem Papier, das das Vollmondlicht zurückwirft. Nach andern Bestimmungen ergab sich die Intensität der schwächsten eben sichtbaren Lichtreize für mittlere Strahlen zu $^1/_{35}$ *mg* μμ.

2. Allgemeines über die Schwellen. Wie schon beim Tastsinn und Gesichtssinn erwähnt wurde, sind Intensität, Dauer und Ausdehnung der Reize nicht ganz unabhängig voneinander. Wenn in einer Hinsicht eine Zunahme über das zum Schwellenwert erforderliche Maß stattfindet, kann in beiden andern eine Verminderung eintreten und der Reiz doch noch erkennbar bleiben. Punktförmige Reize (Fixsterne) werden wegen ihrer großen Intensität erkannt.

Die Gesetze für intensive und extensive Veränderungen des Reizes zeigen einen gewissen Parallelismus. Man erklärt das aus der Ausbreitung der Erregung (Irradiation) im Gehirn. Eine Nervenfaser versorgt nicht bloß einen einzigen Punkt in der Peripherie, sondern greift auf benachbarte Punkte über, die schon von andern Nervenfasern versorgt sind. Es hat deshalb im Gehirn eine ähnliche Wirkung, ob ein einziger Punkt stark erregt wird oder mehrere benachbarte schwach. So erklärt

sich, daß dasselbe (*Weber*sche) Gesetz auch für kleine räumliche Ausdehnungen gilt (*Myers*).

Die Deutung der Reizschwelle. Am nächsten liegt eine physiologische Erklärung, aus einem ähnlichen Grunde, wie daß eine Magnetnadel nicht jeder kleinsten Änderung des Stromes folgt, nämlich wegen der Reibung. *Titchener* führt die Verwandtschaft in allen Punkten durch: Die Nadel bewegt sich erst bei einer gewissen Mindeststärke des Stromes (Reizschwelle); wenn dann der Strom allmählich verstärkt wird, geht die Nadel nicht stetig weiter, sondern in Sprüngen (Unterschiedsschwelle); die Nadel erreicht nie eine Ablenkung von 90° (Reizhöhe). Die nervösen Gebilde werden eben der Änderung des jeweiligen Zustandes einen gewissen Widerstand entgegensetzen. — Indessen ist zu bedenken, daß die sprunghafte Zunahme der Nervenerregung bloß für den Gesamtverlauf gilt. Im kleinen Zeitraum des Sprunges muß schließlich die Nervenerregung stetig wachsen. Es bleibt also die Frage, ob parallel zu diesem Anwachsen des Nervenreizes auch die Empfindung wächst oder nicht. Für eine stetige Zunahme der Empfindung spricht jedenfalls, daß die Empfindungsänderung nicht an feste Punkte des Reizes gebunden ist, etwa an die Punkte 100 und 110. Wenn man nämlich von 108 an weitergeht, bekommt man die merkliche Empfindungsänderung nicht schon bei 110, sondern erst bei etwa 118. Nur ist hinzuzufügen, daß nicht jede Vergrößerung der Empfindung schon als solche bemerkt werden könne (Tatsache der Unterschiedsschwelle).

Ein Beispiel der Reizhöhe: Man kann leicht einen Punkt finden, von wo an trotz weiterer Konzentration der Zucker nicht mehr süßer schmeckt, das Chinin nicht mehr bitterer. Dasselbe wird bei blendendem Licht und betäubendem Geräusch gelten, obwohl dort die Tatsache nicht leicht nachzuprüfen ist.

Qualitative Unterschiede. Die Intensitätsänderung läßt sich nicht immer rein von Qualitätsänderung trennen. Die tiefsten Töne bleiben immer schwach, die höchsten immer laut. Bitter ist eine starke Empfindung im Vergleich zu andern Geschmäcken. Eine Änderung der Intensität eines Lichtes macht das Licht zugleich weißer oder schwärzer, ändert also seine Qualität. Man kann übrigens die Unterschiede der Qualität in ganz gleicher Weise prüfen wie die der Intensität. So kann man im Gebiet des Gehörssinnes neben der ebenmerklichen Stärkezunahme auch den ebenmerklichen Tonhöhenzuwachs bestimmen. Dann untersucht man die qualitative Unterschiedsempfindlichkeit. Bei diesen Untersuchungen gilt allgemein das Gesetz: Unser Vergleich ist um so feiner und sicherer, je mehr die Empfindungen in jeder andern Hinsicht außer der eben zu vergleichenden einander gleich sind, unser Urteil über Tonhöhenunterschiede ist dann am sichersten, wenn die Töne gleiche Intensität haben usw.

§ 3. Das *Weber*sche Gesetz.

Es ist das wertvollste Resultat, das sich aus den mühsamen Bestimmungen der Unterschiedsschwelle ergeben hat.

1. Allgemeinere Hinweise auf das Gesetz.

Wird ein Saal durch zwei Kerzen erhellt und man zündet eine dritte an, so merkt man den Beleuchtungszuwachs auf einer dadurch beleuchteten Wand recht deutlich. Beim Anzünden der hundertsten Kerze wird man keinen Zuwachs mehr bemerken. Und doch ist beidemal gleichviel Helligkeit hinzugekommen. Also gleicher objektiver Helligkeitszuwachs bedeutet nicht gleichen Zuwachs in der Empfindungsintensität. — Weshalb kann man die Sterne bei Nacht sehen, aber nicht bei Tag? Wenn der Hintergrund durch die Sonne zum hellen Himmelsblau erleuchtet wird, so wird dieselbe Helligkeitssteigerung auch dem Ort der Sterne zuteil. Also zum Unterscheiden eines Objektes von seinem Hintergrund kommt es nicht auf die bloße Differenz der Reize an. *Hering* (§ 19): Eine Spiritusflamme ist vor einem schwarzen

Papier sichtbar, vor einem weißen nicht, obwohl beidemal die Differenz der Helligkeiten dieselbe ist. Wie man bei jedem Schaufenster beobachten kann, tritt das Spiegelbild vor einem lichtschwachen Hintergrund immer deutlicher hervor als vor einem hellen Hintergrund, obwohl die Differenz der Helligkeiten wieder die gleiche ist.

Wenn zu zwei Sängern, die ungefähr gleich stark singen, noch ein dritter hinzukommt, bemerkt man die Verstärkung; kommt zu 20 noch einer hinzu, so merkt man nichts. Schon lange erregte es Verwunderung, daß man bei den großen Sängerfesten, wo oft 1000 Sänger zusammenwirkten, durchaus nicht jene überwältigende Klangfülle empfand, die man erwartet hatte. Das Wort des Nachbars hört man in stiller Umgebung, nicht mehr im Lärm der Straße: wieder ist die Schalldifferenz dieselbe. — Derselbe Gewichtszuwachs wird bei kleinen Gewichten als Zuwachs empfunden, nicht mehr bei großen.

Den Übergang zu wirklichen Messungen bilden die „Fundamentalversuche“ *Fechners:* Erkennt man in den Wolken irgendwo einen kleinen Unterschied zwischen zwei benachbarten Feldern noch mit Not, so bleibt derselbe merklich, wenn man ihn auch durch stark verdunkelnde Gläser betrachtet, und umgekehrt. Also durch die verdunkelnden Gläser, die das Verhältnis der beiden gleich lassen, nimmt der Unterschied in keinem erheblichen Grade an Merklichkeit ab oder zu. Das beweist schon in etwa das Gesetz, daß es auf gleiche Verhältnisse ankomme, um gleiche Merklichkeit zu erzielen (vgl. *Hering* § 20).

2. Das *Weber*sche Gesetz für ebenmerkliche Unterschiede läßt sich genau fassen: Der Reizzuwachs, welcher eine ebenmerkliche Empfindungszunahme bewirkt, ist immer derselbe Bruchteil der vorhandenen Reizstärke. Kann man im Gebiete des Gesichtssinnes die Helligkeit 100 von der von 100 + 1 unterscheiden, so unterscheidet man ebenso 200 und 200 + 2, 1000 und 1000 + 10. Also die absolute Unterschiedsschwelle wird mit wachsendem Reiz immer größer, und zwar nach diesem Gesetz, der Reizstärke proportional. — Mit andern Worten: der relative Reizzuwachs (d. h. der Reizzuwachs dividiert durch den niederen Reiz), der nötig ist zur ebenmerklichen Empfindungssteigerung, ist konstant ($^1/_{100} = {}^2/_{200} = {}^{10}/_{1000}$ usw.). — Diese Gesetzmäßigkeit fand zuerst *E. H. Weber* in ein paar besondern Fällen, beim Haut- und Muskelsinn, beim Vergleich von gesehenen Längen. Er betrachtete das als interessante psychologische Erscheinung und sprach es in den Worten aus: Bei der Beachtung der Verschiedenheit der verglichenen Gegenstände wird nicht der Unterschied, sondern das Verhältnis des Unterschieds zur Größe der miteinander verglichenen Gegenstände erfaßt. Die weittragende Bedeutung des Gesetzes kam ihm freilich nicht zum Bewußtsein. Diese erkannte erst *Fechner.* Aus seinen überaus genauen Untersuchungen kam er selbständig auf diese Gesetzmäßigkeit und gab ihr, als er nachträglich fand, daß schon *Weber* sie gelegentlich ausgesprochen hatte, den Namen „*Weber*sches Gesetz“.

Die eigentlichen experimentellen Begründungen des Gesetzes begannen mit *Fechner,* wurden von *Wundt* fortgesetzt und später von einer großen Zahl Forscher immer mehr auf alle Sinnesgebiete ausgedehnt. Als Resultat zeigte sich: Abgesehen von den Grenzgebieten („den unteren und oberen Abweichungen“) bestätigt sich das *Weber*sche Gesetz im großen und ganzen für Helligkeiten, Schallstärken, Schwereempfindungen, Raumempfindungen des bewegten Armes, der Augen, Druck usw. Bei Geschmack und Geruch ist die Gültigkeit zweifelhaft. Freilich ist nicht zu verschweigen,

daß auch für das mittlere Gebiet das Gesetz nicht vollständig genau ist, sondern nur als Annäherung betrachtet werden kann (*Ebbinghaus*). Nach *Lehmann* gilt das *Weber*sche Gesetz um so genauer, je mehr man in einem Sinnesgebiet vom Stoffverbrauch absehen kann, deshalb besser beim Gehör als beim Gesicht. Beim Schall ließen sich die Abweichungen für mittlere Stärken auf die allgemeinen Ursachen der Hemmung und Bahnung zurückführen; die untere Abweichung war aber nicht, wie man versucht hatte, durch das Tagesgeräusch zu erklären; sie liegt vielmehr daran, daß das *Weber*sche Gesetz nicht genau, sondern nur eine Annäherung an das wahre Funktionsverhältnis zwischen Reiz und Empfindung ist. Auf die genaue Bedeutung dieser Grenzen und der Annäherung, die im ganzen Gesetz liegt, kommen wir im nächsten Paragraphen zurück.

3. Die Übertragung des Gesetzes auf übermerkliche Unterschiede. Stellt man eine Reihe von grauen Papieren her, deren Intensitätsdifferenzen immer objektiv gleich bleiben, so macht die Reihe nicht den Eindruck gleicher Abstände. Läßt man dagegen eine Reihe herstellen, die wirklich den Eindruck macht, daß die Glieder gleich weit voneinander abstehen, so zeigt sich photometrisch, daß die Quotienten der aufeinanderfolgenden Helligkeiten annähernd gleich sind (*Ebbinghaus* bildet diese doppelte Reihe in seinem Lehrbuch ab). Allgemein ausgedrückt würde das heißen: Für eine gleichmäßige, d. h. in gleichen Abstufungen fortschreitende Steigerung der Empfindungstärken bilden die zugehörigen Intensitäten eine geometrische Reihe. Oder zu gleichen absoluten Empfindungsunterschieden gehören gleiche relative Reizunterschiede; offenbar etwas Ähnliches wie der vorher aufgestellte Satz.

Diese Gesetzmäßigkeit ist übrigens, wie *Fechner* schon bemerkte und *G. E. Müller* eingehender begründete, schon viel früher niedergelegt worden, nämlich in der Auswahl der Sterngrößen. Diese sind empirisch seit alters so gewählt, daß ihre Aufeinanderfolge einem gleichen subjektiven Empfindungsabfall entspricht. Nun zeigte sich bei späterer Nachmessung (wovon die Alten nichts wußten, also völlig unabhängig davon), daß photometrisch gemessen die objektiven Helligkeiten der aufeinanderfolgenden Sternklassen immer denselben Quotienten zeigen (ungefähr gleich 2,5). Also das vorige Gesetz: Gleichen Empfindungsdistanzen entsprechen gleiche Reizquotienten. — Für andere Sinnesgebiete liegen noch wenig Untersuchungen vor. Für die Schallstärken stehen sich die Resultate der Versuche von *Merkel* und *Angell* gegenüber: ersterer fand die subjektiv geschätzte Mitte näher dem arithmetischen Mittel, *Angell* dagegen näher dem geometrischen Mittel, wie es das Gesetz verlangt. Die Versuche *Merkels* lassen übrigens manche Einwände zu. — *Fechner* fand das Gesetz auch durch die Tonhöhen bestätigt, also bei einer qualitativen Veränderung: Eine Quinte z. B. erscheint in jeder Oktave gleich groß. Aber mit Recht wurde dieser Beweis von *G. E. Müller* verworfen: Bei Gleichsetzung von musikalischen Intervallen handelt es sich eben um eine ganz andere Sache, nämlich um den gleichen Eindruck einer harmonischen Beziehung.

Im übrigen kann man schon jetzt sagen, daß das *Weber*sche Gesetz für übermerkliche Empfindungssteigerungen ebenso wenig streng gültig sein wird wie für ebenmerkliche Stufen. Sonst müßten wir ja bei verschiedenster Beleuchtungsstärke dieselbe Schrift immer gleich gut lesen können; denn bei veränderter Beleuchtung ändert sich das Verhältnis

zwischen der Helligkeit der Buchstaben und des Papiers nicht. Außerdem weist *Ebbinghaus* graphisch nach, daß wegen der ungenauen Geltung des *Weber*schen Gesetzes für ebenmerkliche Empfindungssteigerungen auch bei den übermerklichen Steigerungen die Werte der subjektiv geschätzten Mitte zwischen das arithmetische und geometrische Mittel fallen müssen. Überdies ist zu beachten, daß beim Vergleich von Reizunterschieden störende Bedingungen mitwirken. Nach *Lehmann* sind es hauptsächlich Hemmungen und Bahnungen, welche die Unregelmäßigkeiten verschulden. Bringt man sie in Rechnung, so bestätigt sich das auf übermerkliche Unterschiede übertragene *Weber*sche Gesetz hinreichend.

Ist es eigentlich dasselbe Gesetz, das wir vorher für ebenmerkliche und jetzt für übermerkliche Reizdifferenzen aufgestellt haben? *Fechner* bejahte das unbedenklich. Denn die übermerklichen Empfindungszuwüchse betrachtete er als selbstverständlich gleich große Empfindungszuwüchse, als gleich große subjektive Differenzen. Was ebenmerklich ist, ist ja gleich merklich, also, wie man meinen sollte, (subjektiv) gleich groß. Dann aber hat das Gesetz beidemal ganz denselben Inhalt, nämlich: Zu gleich großen Empfindungssteigerungen gehören relativ gleich große Reizsteigerungen. Überdies glaubte er die Gleichheit der ebenmerklichen Zuwüchse aus direkter Wahrnehmung bezeugen zu können.

Diese Annahme *Fechners* wird nun heute durchaus nicht mehr als selbstverständlich betrachtet, worauf zuerst *G. E. Müller* hinwies. Es ist an und für sich wohl denkbar, daß zwei Stufen beide ebenmerklich und doch zugleich verschieden groß erscheinen. Etwas Derartiges haben wir auf dem freilich andersartigen Gebiet der Raumschwellen wirklich. Zwei Distanzen, die beide eben als merklich erkannt werden, erscheinen trotzdem sofort als sehr verschieden groß. In der Tat sagt ebenmerklich dem Begriff nach nur, daß Unterschiede gemerkt werden, aber nicht, wie groß der Unterschied erscheint. Denkbar ist es, daß Unterschiede „sofort in verschiedener Größe über die Schwelle treten“.

So nahm auch die „Verhältnistheorie“ *Plateaus* an, daß die ebenmerklichen Unterschiede nicht absolut, sondern relativ gleich seien, eine Behauptung, die er später freilich zurücknahm. *Ament* (PhSd 16) glaubte später dasselbe experimentell beweisen zu können: Die ebenmerklichen Empfindungssteigerungen erschienen bei zwei von drei Versuchspersonen proportional größer, je höher der Reiz war, dem sie entsprachen. Die subjektive Mitte lag nicht, wie nach dem Gesetz zu erwarten, in der geometrischen Mitte der Grenzreize, sondern eher in der arithmetischen. Dagegen findet *Fröbes* (ZPs 36) in gleicher Versuchsanordnung eine vollkommene Übereinstimmung des Mittels der ebenmerklichen Stufen und der direkt zwischen den Grenzen geschätzten Mitte. Bei einer Nachprüfung der Ergebnisse *Aments* macht *Lehmann* den Zeitfehler und physiologische Einflüsse für sein abweichendes Resultat verantwortlich. Unter Einrechnung dieser Fehler ergab sich ihm eine genügende Übereinstimmung mit dem geometrischen Mittel. — Unter dem Einfluß der Eindringlichkeit kann, wie *Fröbes* fand, die subjektive Mitte zweier Helligkeiten sogar weit über dem arithmetischen Mittel liegen. Die hellste Scheibe erschien da oft blendend hell, stand bei Versuchen der Zusammenfassung dann isoliert. Während bei niederer Intensität die subjektive Mitte mit dem geometrischen Mittel übereinstimmt, konnte sie bei hoher Intensität der helleren Grenze fast viermal näher liegen als der dunkleren. Ähnlich *R. Heine* (ZPs 54). Auch *Benussi* (ArGsPs 17, 1 ff.) bestätigt, daß verschiedene Umstände, die dem Grenzreiz eine größere Eindringlichkeit verleihen (wenn Farbe zur Helligkeit hinzutritt; ge-

sonderte Lage usw.), die subjektive Mitte zu diesem Grenzreiz hinziehen. Danach handelt es sich hier also um Störungen des reinen Vergleichs der Empfindungsunterschiede, infolge von Eindringlichkeit oder ähnlichem, nicht dagegen um eine wirkliche Abweichung vom *Weber*schen Gesetz.

In der Tat glauben *Müller, Ebbinghaus, Stumpf, Titchener* und andere, daß die Annahme *Fechners,* wenn auch nicht notwendig, so doch in der Tat richtig sei. Denn da dasselbe Gesetz für die offenbar gleichen übermerklichen Stufen sich als richtig erweist, wie für die ebenmerklichen, ist es nicht glaublich, daß die ebenmerklichen Stufen nicht gleich groß sein sollten. Und da das für die Helligkeiten sicher erwiesen (Sterngrößen), für Schallstärken wenigstens wahrscheinlich ist, wird es für die Empfindungsintensitäten im allgemeinen angenommen werden können.

4. Die teleologische Bedeutung des Gesetzes. Die „Verkürzung", welche die Reizdifferenzen für unser Bewußtsein erfahren, erweist sich für die Auffassung der äußern Objekte als eine sehr nützliche Einrichtung. Wegen dieses Gesetzes bleiben die meisten gewöhnlichen Schwankungen der objektiven Helligkeit unbeachtet; denn die Verhältnisse der Helligkeit und damit die Deutlichkeit, mit der wir die einzelnen Gegenstände voneinander unterscheiden, bleiben trotz dieser schwankenden Beleuchtung (soweit das Gesetz reicht) ganz dieselben; gleiche Verhältnisse der Helligkeit bedeuten aber nach unsrem Gesetz gleich große subjektive Unterschiede. Genauer: die Unterscheidbarkeit benachbarter Objekte hängt ab von der Zahl ebenmerklicher Empfindungsstufen, welche sie trennt. Sind zwei Objekte ebenmerklich voneinander verschieden (eine Stufe voneinander entfernt) oder übermerklich (etwa zehn Stufen voneinander entfernt), so bleibt trotz Beleuchtungswechsel dieselbe Anzahl Stufen, welche sie trennt, und damit dieselbe Leichtigkeit der Unterscheidung bestehen. Deshalb bezeichnet *G. E. Müller* (Grundlegung) das *Weber*sche Gesetz als teleologisches Postulat: das Prinzip der leichtesten Wiedererkennung. Ähnliche Folgerungen werden auch für das Gebiet des Gehörs namhaft gemacht.

5. Die verschiedenen Erklärungen des *Weber*schen Gesetzes. Hier haben alle denkbaren Möglichkeiten ihre Vertreter gefunden, eine rein physiologische, eine psychophysische und eine rein psychologische.

a) Die physiologische Erklärung nimmt an, daß schon gleich beim Übergang des äußern Reizes in die Nervenerregung die relative Abstumpfung der höheren Reize stattfindet, die (wie im nächsten Paragraphen zu zeigen) logarithmische Abhängigkeit, die aus dem *Weber*schen Gesetz folgt. Dagegen gehe die letzte Nervenerregung, die psychophysische Tätigkeit, einfach der Empfindung parallel. So *G. E. Müller, Ebbinghaus, Titchener, Lehmann* und viele andere. Manche Experimente sprechen dafür. So stehen nach *Waller* und *Steinach* die äußern Reize, die auf das Auge einwirken, mit den im Sehnerven bewirkten negativen Schwankungen ungefähr in dem verlangten (logarithmischen) Verhältnis. Ähnliches soll auch bei Druckreizen gelten. Nach *James* ist das *Weber*sche Gesetz aus einem ähnlichen Grunde zu erwarten, wie daß eine stärker belastete Wage, die im Gleichgewicht ist, ein größeres Übergewicht braucht, um zu sinken. *R. Pauli* hat eine größere Menge von Bestätigungen gesammelt (Über psychische Gesetzmäßigkeiten, insbesondere über das *Weber*sche Gesetz, 1920). So zeigt die Zuckungshöhe eines Muskels, der vom Nerven aus gereizt wird, nach *v. Frey* zwischen Reizschwelle und Reizhöhe mit wachsender Reizstärke eine kleinere Zunahme des Erfolges als proportional, während die direkte Reizung des Muskels nach *Fick* eine proportionale Zuckungshöhe bewirkt; mithin liegt der relative Anstieg am Übergang zum Nerven. Die Untersuchung des Cephalopodenauges von *Fröhlich* zeigt dieselbe Abhängigkeit nach dem *Weber*schen

Gesetz. Die verschiedene Steilheit der hier gefundenen Kurven paßt zur verschiedenen Unterschiedsempfindlichkeit der verschiedenen Sinne. Es zeigte sich im Aktionsstrom selbst das *Purkinje*sche Phänomen und sonst weitgehende Übereinstimmung mit der Empfindung. Besonders beweisend sind die botanischen Bestätigungen, bei denen das Bewußtsein ja völlig fehlt (*Kniep* in FsPs 4 [1917]). *Pfeffer* fand für die Reaktion der Spermatozoen auf Apfelsäure das Verhältnis 30 konstant. Auch für den Geotropismus bestätigte *Fitting* das *Weber*sche Gesetz. — Daß die chemischen Theorien von *Lehmann* und *Schjelderup* sogar eine Ableitung des Gesetzes bis ins einzelne erlauben, werden wir im nächsten Paragraphen sehen. — (Über ein noch allgemeineres Relativitätsgesetz, das *R. Pauli* auf vielen Gebieten der Psychologie wirksam findet, sehe man bei ihm selbst nach; es betrifft nicht die besondere Frage, an der wir hier stehen.)

b) Die psychophysische Erklärung wurde von *Fechner* selbst aufgestellt. Die Nervenerregung soll den äußern Reizen einfach proportional gehen. Dagegen findet bei der „geistigen Spiegelung" jene Verkleinerung des Bildes im logarithmischen Verhältnis statt. Hierin sieht er das Grundgesetz der Beziehung zwischen Leib und Geist. Die Gründe, welche *Fechner* für diese Anschauung geltend macht und die teilweise mit seinen Ansichten über unbewußtes Seelenleben zusammenhängen, wurden schon gleich anfangs von *Müller* als ungenügend zurückgewiesen. Sicher ist, daß *Fechner* in diesem Punkte so gut wie keinen Anhänger gefunden hat.

c) Die psychologische Erklärung wurde besonders von *Wundt* bevorzugt: Nicht bloß die Nervenerregung ist dem äußern Reize proportional, sondern auch die Empfindung, so daß also die Empfindungsintensitäten genau dieselben Verhältnisse untereinander zeigen wie die äußern Reize. Die Verkürzung kommt erst beim Vergleichen dieser Empfindungen zustande, indem die Apperzeption einen psychischen Zustand immer an einem andern mißt. Wir haben in unsrem Bewußtsein immer nur ein relatives Maß für die Intensität der in ihm enthaltenen Zustände. Übrigens schließt diese psychologische Deutung nach *Wundt* eine physiologische als Hilfsglied nicht aus. — Dagegen *Ebbinghaus:* Aber was bewegt dann die Seele, bei verschiedenen Sinnen eine so verschiedene Unterschiedsempfindlichkeit zu zeigen, beim Druck $^1/_3$, beim Gesicht $^1/_{100}$? Mit Recht findet *Ebbinghaus* das „allgemeine Beziehungsgesetz" unklar: Wird dieser Ausdruck so verstanden, daß er nur irgend welche Funktion bedeutet, so besagt das Gesetz nichts Besonderes, es folgt daraus nicht das *Weber*sche Gesetz. Soll Beziehung dagegen gleichbedeutend sein mit Quotient, so ist ein derartiges Gesetz durchaus nicht allgemein gültig, da es ja von Tonhöhen, von Helligkeiten an den Grenzen überhaupt nicht gilt.

Nach allem ist mithin zu sagen: Mag die psychologische Erklärung eine untergeordnete Bedeutung haben, was noch zu beweisen bleibt: die Hauptsache hat einstweilen nur in der physiologischen Deutung eine verständliche Erklärung gefunden. Diese Erklärung kann heute als gesichert gelten.

§ 4. Das *Fechner*sche Gesetz.

1. Die Ableitung der Maßformel. Der Wortlaut des *Weber*schen Gesetzes läßt sich leicht in einer Formel ausdrücken. Nach einem mathematischen Hilfsprinzip gehen die Änderungen zweier voneinander abhängiger stetiger Größen einander merklich proportional, solange sie sehr klein bleiben, wie auch sonst die Abhängigkeit zwischen den Größen beschaffen sein mag (das setzt ja die Differenzenrechnung bei den Logarithmentafeln voraus; auch ist es aus dem *Taylor*schen Lehrsatz leicht ableitbar). Es sind also die Änderungen der Empfindungen denen der Reize pro-

portional, solange beide als sehr klein vorausgesetzt werden. Heiße der Reiz r, die Empfindung s (jedes auf eine willkürliche Einheit seiner Art bezogen), heiße ferner ein kleiner Zuwachs des Reizes Δr, der zugehörige Zuwachs der Empfindung Δs, so sind mithin diese kleinen Zuwüchse einander proportional; es gilt also (bei konstantem r):

$$\Delta s = k_1 \cdot \Delta r.$$

Sind ferner die Reize beispielsweise 100, 200, 300, so muß man nach dem *Weber*schen Gesetz etwa die Zuwüchse 1, 2, 3 beifügen, um gleiche Empfindungszunahmen zu erhalten. Brächte man dagegen jedesmal den gleichen Reizzuwachs 1 hinzu, so erhielte man im zweiten Falle nur $^1/_2$, im dritten nur $^1/_3$ der Zunahme des ersten Falles. Allgemein: bei gleichem Δr ist der Empfindungszuwachs Δs dem r umgekehrt proportional: es gilt also (bei konstantem Δr):

$$\Delta s = k_2 \cdot \frac{1}{r}.$$

Nimmt man also Δr und r gleichzeitig variabel, so ist nach einem algebraischen Satz Δs dem Produkt beider rechten Seiten proportional:

$$\Delta s = C \cdot \frac{\Delta r}{r}.$$

(In den drei Formeln sind k_1, k_2, C unbekannte Proportionalitätskonstanten.)

Das ist der einfache Ausdruck des *Weber*schen Gesetzes, *Fechners* „psychophysische Fundamentalformel". (Man kann die Formel auch leicht umgekehrt bestätigen, indem sich erweist, daß, wenn man r darin konstant setzt, sich Δs proportional zu Δr ergibt; wenn dagegen Δr konstant gesetzt wird, Δs proportional zu $\frac{1}{r}$ folgt.) — Hieraus ergibt sich weiter die Maßformel: Die Fundamentalformel gilt um so genauer, je kleiner Δr und Δs genommen werden. Wir können deshalb voraussetzen, daß sie auch für beliebig kleine Größen gilt, und dementsprechend in der Formelsprache der Differentialrechnung schreiben:

$$ds = C \frac{dr}{r}.$$

Daraus folgt unmittelbar nach den Regeln der Integralrechnung:

$$s = C \cdot {}^e\!log\, r + K.$$

Die willkürliche Konstante K läßt sich durch die Tatsache der Schwelle bestimmen. Für den Schwellenwert $r = \rho$ gilt, daß die Empfindung dann eben beginnt, also noch $s = 0$ ist. Setzen wir das in die vorige Gleichung ein, so folgt:

$$0 = C \cdot {}^e\!log\, \rho + K,$$

also:

$$K = - C \cdot {}^e\!log\, \rho.$$

Dadurch wird die Hauptformel:

$$s = C \cdot {}^e\!log\, \frac{r}{\rho},$$

oder endlich durch Umwandlung in gewöhnliche Logarithmen mit der Basis 10:

$$s = k \cdot log\, \frac{r}{\rho},$$

„die *Fechner*sche Maßformel" (vgl. Fig. 61). In der Formel ist nur die Konstante k noch zu bestimmen, was durch geeignete Wahl der (willkürlichen) Einheiten geschehen kann.

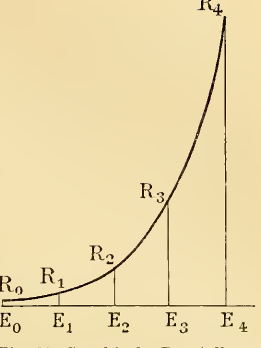


Fig. 61. Graphische Darstellung des *Fechner*schen Gesetzes.

Gegen die Ableitung könnte man einwenden wollen, daß die Annahme von unendlich kleinen Zuwüchsen (ds, dr) der Unterschiedsschwelle nicht gerecht wird. Bei einem Reizzuwachs, der unter der Unterschiedsschwelle bleibt, nimmt die Empfindung überhaupt nicht zu. Aber die Unterschiedsschwelle sagt nur, daß der Empfindungszuwachs erst bei einer gewissen Größe bemerkt, beurteilt werden kann, was nicht ausschließt, daß die Empfindung schon vorher gewachsen ist. Wir nehmen in der Tat an, daß die Empfindung mit dem Reiz stetig wächst.

2. Folgerungen aus der Maßformel.

a) Natürlich wird in der Maßformel sowohl r als s je auf eine Einheit ihrer Art bezogen. die willkürlich gewählt werden kann. Die einfachste Form der Maßformel entsteht, wenn man folgende Einheiten zu Grunde legt: Die Einheit des Reizes sei der Schwellenwert (also $r = 1$, für $r = \rho$); die Einheit der Empfindung verlegt man auf jenen Reiz, der gleich der Basis der angewandten Logarithmen ist, also hier auf das Zehnfache des Schwellenwertes ($s = 1$, für $r = 10$). Dann erhält nämlich die Maßformel ihre einfachste Gestalt: $s = \log r$.

b) Wenn der Schwellenwert sich vergrößert, so vergrößert sich im selben Verhältnis jeder Reizwert, der die gleiche Empfindung hervorrufen soll wie vorher. Wenn also ein Schwerhöriger einen fünfmal so starken Schall braucht, um überhaupt noch etwas zu hören, so braucht er überhaupt einen fünfmal so starken Schall, um irgend etwas so laut zu hören wie ein anderer. Das erlaubt festzustellen, wie die ganze Skala der Stärke der Empfindungen sich bei verschiedenen Individuen verhält.

c) Ein Beispiel möge uns die Benutzung der Formel in ihrer einfachsten Gestalt veranschaulichen: Es handle sich um Druckempfindungen auf der Hand durch aufgelegte Gewichte. Sei die Reizschwelle ρ an der betreffenden Stelle $= {}^1/_{50}\,g$, so muß man alle Reize in Einheiten dieser Schwelle umrechnen. Die Empfindungseinheit muß dann bei $10\,\rho = {}^1/_5\,g$ liegen.

Wie groß ist der Reiz, welcher die Empfindung 2,5 bewirkt? — Antwort: Es gilt: $2{,}5 = \log r$. Also $r = num \log 2{,}5 = 316$ Reizeinheiten $= 6{,}32\,g$.

Wie groß ist die Empfindung, die dem Reiz von $100\,g$ entspricht? — Antwort: $100\,g = 5000$ Reizeinheiten. Also: $s = \log 5000 = 3{,}698$ Empfindungseinheiten. Zur Übersicht diene das Schema:

Empfindung:		0	1	2	(2,5)	3	(3,698)	4
Reiz	gewählte Einheiten	1	10	100	(316)	1000	(5000)	10000
	in Gramm	$^1/_{50}$	$^1/_5$	2	(6,32)	20	(100)	200.

d) Die negativen Empfindungen. Für $r < \rho$ ergibt die Maßformel ein negatives s. Was bedeutet das? Wenn sonst positive und negative Größen vorkommen, müssen sie, gleichzeitig vereinigt, sich gegenseitig schwächen, wenn gleich groß, aufheben. Das läßt sich auf Empfindungen nicht sinngemäß übertragen. *Wundt* meint zwar: Auch in der Geometrie kommen positive und negative Linien vor, ohne sich deshalb aufzuheben. — Indessen ist das ungenau ausgedrückt. Soweit die Linien wirklich positiv und negativ verstanden werden, heben sie sich wohl auf. Denn mit Vorzeichen bedeuten sie den endgültigen Abstand ihres Endpunktes vom Ausgangspunkt in der einen oder andern Richtung, und der kann durchaus zu Null werden. Als bloße Längen betrachtet heben sich die Linien freilich nicht auf; aber so sind sie

auch nicht positiv und negativ. — Also wenn die logarithmische Formel sonst genau gültig wäre, müßte man eben sagen, daß sie vom Punkte der Schwelle nach abwärts ihre Gültigkeit verliert. Indessen ist ja diese Voraussetzung nicht im mindesten zutreffend. Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung wird eben bloß in mittleren Breiten mit einer genügenden Annäherung durch die logarithmische Maßformel wiedergegeben; für die Grenzen dagegen entspricht ihr eine ganz andere unbekannte Formel. Es ist also sinnlos, über die Werte der Empfindungen unter der Schwelle bei einer Formel Belehrung zu suchen, die eingestandenermaßen lange vorher ihre Anwendbarkeit verloren hat.

e) Für die Anwendung der Formel müssen etwaige innere Reize (das Eigenlicht der Netzhaut usw.) zu den äußern hinzuaddiert werden, um das richtige r zu erhalten. Auch ist natürlich der Einfluß der Akkommodation, der Irradiation, der Nachbilder usw. zu beachten.

Übrigens bemerkt schon *Fechner*, daß der Nutzen der Maßformel nicht darin besteht, nun die Empfindungen genau in Zahlen ausdrücken zu können, sondern daß dadurch prinzipiell die Möglichkeit eines Maßes verwirklicht worden ist und so der Psychophysik die mathematische Unterlage gegeben wurde. *Fechner* hat dann in der Tat auf denselben Prinzipien ein ganzes Gebäude von psychophysischen Formeln errichtet. Er unterscheidet den Empfindungsunterschied, der sich direkt aus der Maßformel gewinnen läßt, und die höhere Leistung der Unterschiedsempfindung, für die er eine ähnlich gebaute Unterschiedsmaßformel ableitet. Das zeigt den Weg zu noch höheren Unterschiedsformeln. Wir gehen auf all das nicht näher ein, da die folgende Forschung davon keinen Gebrauch gemacht hat, und der Begriff der Empfindungen, der ihnen allen zu Grunde liegt, jedenfalls für die höheren geistigen Leistungen nicht genügt.

Das Wertvolle in *Fechners* genialem Werk sind nicht diese weiteren Ausführungen, sondern seine grundlegenden Untersuchungen, aus denen sich die experimentelle Arbeit der folgenden Jahrzehnte entwickelt hat. Er hat zuerst die psychophysischen Methoden entwickelt; ihm verdanken wir den Begriff der Unterschiedsschwelle und Unterschiedsempfindlichkeit, und damit die Methode zu einer allgemein gültigen Analyse der geistigen Vorgänge. Ihm verdanken wir den wertvollen Begriff des geistigen Maßes, die Idee, die Empfindung durch Einheiten ihrer Art zu messen (*Titchener*). —

3. Genauere Maßformeln der Empfindung:

A. Lehmann stellt eine Hypothese über die Natur der Nerventätigkeit auf: In einem flüssigen Leiter entstehen Konzentrationsverschiedenheiten, die gegeneinander Potentialdifferenz haben. Der Strom sucht diesen Konzentrationsunterschied auszugleichen, wodurch er dann zwischen andern Stellen entsteht und sich so fortpflanzt (die Kernleitertheorie). Auf dieser Grundlage berechnet *Lehmann* unter gewissen vereinfachenden Annahmen die Nerventätigkeit und die ihr proportionale Empfindungsstärke (s) in Abhängigkeit vom Reiz (r):

$$s = c \cdot log \left(1 + \frac{r}{k}\right).$$

Bei Berücksichtigung des Stoffwechsels und anderer Einflüsse wird die Formel wesentlich verwickelter werden, wie *Lehmann* für Gesicht und Gehör durchführt. Ist r ziemlich groß, so geht die obige Formel in die *Fechner*sche Maßformel über, die sich mithin als erste Annäherung darstellt. Die Untersuchungen von *de Haas* über die Aktionsströme in der Netzhaut bestätigen, daß die Stärke der Nervenerregung im logarithmischen Verhältnis zur Reizstärke wächst.

Auf denselben chemischen Grundsätzen baut sich auch die Ableitung *Schjelderups* (ZPs 80 [1918]) auf, der nur noch eine Mehrheit von zersetzlichen Substanzen einführt,

wodurch er ohne besondere Hilfshypothesen eine vollständigere Übereinstimmung mit den Messungen gewinnt. Seine Annahmen sind: 1) der nervöse Prozeß im Sinnesorgan infolge des Reizes ist eine chemische Zersetzung einer Anzahl Substanzen; 2) die Zersetzungsgeschwindigkeit ist der Reizintensität und der Menge der vorhandenen Substanzen proportional; 3) die Geschwindigkeit der Neubildung ist proportional zur Differenz zwischen der Maximalmenge und der wirklich vorhandenen Menge der Substanz. Die daraus abgeleitete Ermüdungskurve hat die gleiche Form, die schon 1877 *v. Kries* für die Ermüdung feststellte. In ähnlicher Weise läßt sich eine Erholungskurve gewinnen, die ebenfalls mit den besten Beobachtungswerten (*v. Kries*) gut übereinstimmt. Wäre die Menge der Substanz während der Reizeinwirkung konstant, so wäre die Empfindung dem Reiz proportional; es bliebe dann die absolute, nicht die relative Unterschiedsschwelle konstant, wie es auch *Petrén* und *Johannson* für kürzeste Reizeinwirkungen bestätigten. Das ist aber bei längerer Reizdauer nicht mehr haltbar. — Mit Berücksichtigung aller n zersetzlichen Substanzen kommt endlich *Schjelderup* zur allgemeinen psychophysischen Maßformel

$$s = c \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \frac{k'_i \cdot r}{r + k_i},$$

worin $c\,k\,k'$ Konstanten für die einzelnen Substanzen sind. Daraus kann man unter bestimmten Annahmen über das Verhältnis von k und k' eine praktisch brauchbarere Näherungsformel gewinnen, nämlich

$$s = K \cdot {}^e log \frac{(r + a)\,b}{(r + b)\,a}.$$

wo a der kleinste, b der größte Wert von k ist, K, a und b für Individuum, Sinnesorgan und dessen gereizten Teil verschieden sind. Wird n kleiner, so muß man für a einen kleineren Wert einsetzen als den kleinsten Wert von k; für b einen größeren als dessen größten Wert. Für die Grenzen gilt:

$$\text{Für } r = \infty : s = K \cdot {}^e log \frac{b}{a}.$$

$$\text{Für } r = o : s = o.$$

Für ein mittleres Reizgebiet, das um so größer ist, je größer die Differenz zwischen a und b, geht die vorige Formel in die *Fechner*sche Maßformel über:

$$s = k \cdot {}^e log\, r.$$

Die graphische Darstellung mit s als Ordinate und $log\, r$ als Abszisse gibt eine Kurve, die der aus den Beobachtungen von *König* und *Brodhun* für das Wachstum der Lichtempfindungsintensität konstruierten sehr ähnlich ist (*Ebbinghaus* gibt sie in seinem Lehrbuch wieder). Wie einst schon *G. E. Müller* sie beschrieb, nimmt mit wachsender Reizstärke die relative Unterschiedsempfindlichkeit zunächst bis zu einem Höchstwert zu und dann wieder ab. Der mittlere Bereich des Maximums kann unter Umständen sehr ausgedehnt sein. Bei den niedersten Werten von r wird die Übereinstimmung von Formel und Beobachtung schwächer, weil der innere Reiz Bedeutung gewinnt und wegen der Dunkeladaptation. Ebenso besteht fast vollkommene Übereinstimmung mit einer Beobachtungsreihe von *Lehmann*, der für eine gute Adaptation gesorgt hatte. — Die abgeleitete Formel ist auch für die mechanischen Sinne anwendbar, da die nervöse Erregung ja immer chemisch ist. So besteht Übereinstimmung mit einer Messungsreihe von *Wien* auf dem Tongebiet; ebenso mit den Werten von *Stratton* für Druckänderungen.

Drittes Kapitel.

Die Berechnung der Korrelationen zwischen psychischen Fähigkeiten.

Literatur. *Spearman* in AmJPs 15 (1904) 72 ff. 201 ff. — *Krüger* und *Spearman,* Die Korrelation zwischen verschiedenen geistigen Leistungsfähigkeiten, in ZPs 44 (1907) 50. — *W. Betz,* Über Korrelation, 3. Beiheft zu ZAngPs (1911). — *W. Stern,* Die differentielle Psychologie, 1911, Kap. 15—20. — *Thorndike,* An introduction to the theory of mental and social measurements, [2]1913. — *Udny Yule,* An introduction to the theory of statistics, [2]1912. — *Damm,* Korrelative Beziehungen zwischen elementaren Vergleichsleistungen, in ZAngPs, Beiheft 9 (1914). — *Wirth,* Spezielle psychophysische Maßmethoden, in *Abderhaldens* Physiologischer Chemie, [4]1920. — *Lipmann,* Abzählende Methoden und ihre Verwendung in der psychologischen Statistik, 1921.

§ 1. Das Messen psychischer Größen im allgemeinen.

1. Das Messen bedeutet gewöhnlich Vergleichen und Einordnen einer Größe in die Teilstufen eines Maßstabes. Der Maßstab kann mehr oder weniger vollkommen sein. Ein niederster Grad von Vollkommenheit wäre es, wenn er eben nur feste Beziehungspunkte besäße. Mehr würde er leisten können, wenn die Teilpunkte wenigstens nach der Größe geordnet wären. Man kann dann schon die zu messenden Größen in diese Skala einordnen. Noch besser ist es, wenn bekannt ist, welche Größenverhältnisse die einzelnen Stufen des Maßstabes besitzen, oder gar wenn dieselben alle gleich groß sind. Dann sind genauere arithmetische Angaben über die zu messenden Größen möglich.

Der Nullpunkt der Skala ist entweder ein absoluter, wenn er bedeutet, daß dabei nichts von dem betreffenden Ding vorhanden ist. Ein solcher Punkt wird vorausgesetzt, wenn man eine zu messende Größe als ein bekanntes Vielfache einer Einheit angeben will. In vielen Fällen aber ist ein solcher Punkt nicht festzustellen; so bei psychischen Dispositionen, wie Mut, Intelligenz. Da hilft man sich, indem man einen Punkt willkürlich als Nullpunkt bezeichnet, wie man es auf der Thermometerskala auch tut.

Viele geistige Eigenschaften lassen sich nicht direkt quantitativ vergleichen; aber sehr häufig kann man sie wenigstens nach der Größe in eine Reihe ordnen. Es ist gut, wenn eine solche Rangordnung möglichst viele Glieder enthält; wird ein Objekt darin falsch untergebracht, so ist dann der Fehler kleiner.

2. Die Variationen. Eine besondere Schwierigkeit für das Messen bietet die Veränderlichkeit der zu messenden Größe. Besonders psychische Erscheinungen schwanken vielfach stark. Man kann diese Variationen entweder in einem Individuum verfolgen; z. B. den Einfluß des Alters auf die geistigen Leistungen, indem man dieselben Individuen in ihren verschiedenen Altersstufen untersucht (Intravariation nach *Stern*). Oder man vergleicht die Varianten dieser Eigenschaft in verschiedenen Individuen; z. B. den Altersfortschritt einer Eigenschaft, indem man verschiedene Altersstufen von Schülern vergleicht (Intervariation).

Die Verschiedenheiten der Variationen kann man in einer Rangordnung oder im günstigsten Falle in Maßzahlen niederlegen. Leichter ist die Anordnung von Einzelleistungen, wesentlich schwieriger die von Dispositionen. Etwas subjektiv ist das gewöhnliche Verfahren, auf den Gesamteindruck hin Schüler nach ihrer Intelligenz zu ordnen. Zur genaueren Prüfung einer Disposition muß man vielseitige Prüfungsarbeiten zu einem Resultantenwert verarbeiten. So geschieht es ja bei den Schulzeugnissen, bei dem Punktiersystem der Wettkämpfe.

Die Darstellung der Variationen. Die einfachste Methode, eine Variationsreihe auszudrücken, ist eine Rangordnung. Jedes einzelne Glied (etwa von Individuen in einer Leistung) ist dann durch eine Ordnungszahl gegeben, als Nr. 3. Nr. 10, allgemein als „Nr. n“. Sind mehrere Glieder dem Grade nach gleich, so erhalten sie alle dieselbe Nummer, nämlich das Mittel aus den auf sie fallenden Nummern, z. B. Nr. $\frac{8+9+10+11}{4}$ = Nr. $9^1/_2$. Um die Rangordnungen miteinander vergleichbar zu machen, ist es gut, alle auf Prozente umzurechnen, in relativen Rangplätzen ($^0/_0$ Nr.). Der mittlere Rangplatz hat dann stets die Nummer: $^0/_0$ Nr. $50^1/_2$. Die Rangordnung ist allerdings nicht so genau wie die Ordnung der Maßzahlen. Sie berücksichtigt nicht, daß die Stufenunterschiede an den Grenzen viel größer sind als in der Mitte. Doch ist sie viel weiter anwendbar und gibt auch schon manche gute Resultate.

Die genaue Ordnung ist die nach Maßzahlen. Ist ein psychisches Merkmal an n Personen gemessen mit den Maßzahlen $p_1\ p_2 \ldots p_n$, wo p_1 und p_n die Grenzen sind, so kann die Reihe durch die gewohnten Mittelwerte kurz vertreten werden. Der Hauptwert ist etwa das arithmetische Mittel $m = \frac{Sp}{n}$ (wo Sp die Summe aller p). Die absoluten Abweichungen (a) der einzelnen Werte von diesem Mittel oder die relativen Abweichungen ($A = \frac{a}{m} \cdot 100$) können zu einer mittleren Variation vereinigt werden. Die relative mittlere Abweichung: $\frac{SA}{n}$ (wo SA die Summe aller relativen Abweichungen) gibt an, um wieviel Prozent des Mittelwertes durchschnittlich die einzelnen Fälle vom Mittel abweichen. Durch diesen Wert kann man schon direkt verschiedene Eigenschaften auf ihre Variabilität vergleichen. Ein anderes Streuungsmaß, das besser zum Zentralwert gezogen wird, ist die wahrscheinliche Abweichung, die nämlich von allen Abweichungen ebenso oft überschritten als nicht erreicht wird, also der Zentralwert der Abweichungen nach beiden Seiten. Diese Werte liegen bei den Rangzahlen $n/4$ und $3n/4$, also bei 25 und 75 $^0/_0$. Heißen sie q_u und q_o, so ist ihre halbe Differenz $\frac{q_o - q_u}{2}$ der wahrscheinliche Fehler des Zentralwertes, nach *Galtons* Benennung das Quartil. *Lipmann* stellt diese drei Werte in der Form $q_u \mid q_m \mid q_o$ als Darstellung der ganzen Reihe auf und gibt Formeln an, um verschiedene Messungsreihen zu vergleichen. Die drei Grenzwerte teilen die ganze Reihe in zwei mittlere Viertel und zwei Grenzviertel.

3. Häufigkeitstafeln und -kurven. Ist die Zahl der gemessenen Fälle sehr groß, so kann man angeben, wieviel Fälle auf jede Maßzahl kommen. Ebenso kann man zu größerer Übersichtlichkeit Gruppenhäufigkeiten bestimmen, indem man eine bestimmte Anzahl von benachbarten Maßzahlen als eine Gruppe vereinigt und die Summe aller Fälle darin auf den Punkt ihrer Mitte ansetzt. Das geschieht in den Tafeln der Häufigkeiten. Am besten haben die Maßzahlen, welche die Klassen bezeichnen, immer gleichen Abstand und wird das Intervall so gewählt, daß immer 15—25 Klassen gebildet werden. Eine anschaulichere Darstellung der Verteilungen bieten die Häufigkeitskurven.

Eine solche einfache Darstellung ist folgende: Man trägt die Maßzahlen der Eigenschaft auf der Abszissenachse ab, und in jedem Punkt derselben (oder im Mittelpunkt jeder Gruppe) errichtet man eine senkrechte Ordinate, deren Länge die beobachtete Häufigkeit des Abszissenwertes angibt. *Stern* bevorzugt hierbei die Darstellung, daß die Abszissenachse die relativen Abweichungen bedeutet (A), die Ordinaten deren Häufigkeiten (H), welche ebenfalls prozentual genommen werden,

etwa von 10 zu 10 % zusammengefaßt (Fig. 62). Die regelmäßigste Form, welche die Streuungskurve annehmen kann, ist die früher beschriebene *Gauß*sche Kurve; hier fallen der mittlere Rangplatz, der Durchschnitt der Maßzahlen und das Dichtigkeitsmaximum zusammen. Die Streuungskurve kann unter Umständen auch zwei Dichtigkeitsmaxima haben. Das weist auf zwei zusammen wirkende Ursachen hin. Die empirisch gefundene Kurve wird sich den Idealfällen höchstens annähern. Geschieht das genügend, so beweist es, daß die Variantenbildung in einer gesetzmäßigen Weise vor sich geht. Eine solche gesetzmäßige Verteilung enthält dann das Prinzip der Einteilung für das Merkmal überhaupt, nicht bloß für die geprüften Individuen.

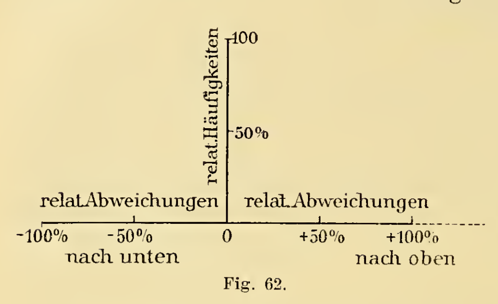


Fig. 62.

Die Normalleistungen (vgl. *Claparède*, in ArPs [f] 16 [1917]). Man versuchte vielfach, die geistige Eigenart eines Menschen durch eine mäßige Anzahl verschiedener Leistungen zu kennzeichnen. So schätzt *Rossolimo* die Leistungen jeder untersuchten Fähigkeit in 10 Grade, die er auf einer Ordinate aufträgt (1 = Null; 10 = Maximum), und setzt die verschiedenen Fähigkeiten auf einer Abszissenachse nebeneinander; dann kommt jeder Person eine eigenartige Kurve, ein psychologisches Profil zu. *Claparède* wendet gegen diese Kurven ein: Die Grenzpunkte der Fähigkeiten sind willkürlich, die einzelnen Nummern derselben Fähigkeit werden kaum gleiche Abstände voneinander haben; die gleichen Nummern verschiedener Fähigkeiten werden nicht vergleichbar sein. Dagegen gelingt es *Claparède* durch einen Kunstgriff, die Kurven an einem absoluten Maßstab zu messen: er ordnet die Leistungen jeder Fähigkeit nach Prozenten ihrer Besitzer; also man verzeichnet aus Prüfungen vieler Personen, welche Leistung in einer Fähigkeit nur von 10 % aller Geprüften geleistet werden kann; was von 20 % usw. Hat man bei der betreffenden Fähigkeit so viele Personen durchgeprüft, daß spätere Prüfungen die Ordnung nicht mehr verändern, so hat man die Normalwerte (Standardwerte) dieser Fähigkeit festgestellt und kann jeden neuen Prüfling nach seiner Leistung sofort absolut schätzen und an der richtigen Stellung des absoluten Maßstabes unterbringen. — *Claparède* untersuchte beispielsweise einen jungen Mann, der seit einem Unfall intellektuell geschädigt war; er konnte, wie er berichtet, beweisen, daß dieser in einer großen Menge Fähigkeitsprüfungen gegenüber seinen Altersgenossen ungefähr so weit zurückgeblieben war, als der Zeitpunkt des Unfalls erwarten ließ.

4. Die Variabilität (*Stern*).

Die Variabilität ist der Mannigfaltigkeitsgrad der Varianten, in denen ein Merkmal vorkommt. Wird das Merkmal im Mitvariieren mit seinen Bedingungen betrachtet, so spricht man von seiner Konvariabilität. Sie bezieht sich auf die Größe der Distanzen, welche an dem Merkmal durch die Bedingungen erzielt werden. Die (sofort zu behandelnde) Korrelation zweier Leistungen ist absolut und gleich groß, wenn beide mit der Bedingung die gleiche Rangordnung haben. Wenn dagegen der Umfang der Maßzahlen in einem Falle doppelt so groß ist wie im andern, so variiert diese doppelt so stark. Es sind Fragen der Konvariabilität, wenn man fragt, ob die Gedächtnisleistungen eines Individuums mit zunehmendem Alter, mit verschiedenem Übungsgrad, verschiedener Aufmerksamkeitseinstellung stark oder schwach variieren. Das Maß der Konvariabilität hat man in der Streuung der einzelnen Werte. Vergleicht man die Aussagetreue bei Normalfragen und Suggestivfragen, so zeigt sich, daß für Normalfragen die Konvariabilität mit den verschiedenen

Bedingungen klein ist, für Suggestivfragen groß. So ist es mit der Bedingung des Alters, des Geschlechtes, der Schulgattung, Aussageerziehung, Schulleistung.

Bei einigen psychischen Eigenschaften ist die Variabilität selbst stark zu beeinflussen, bei andern weniger. So bestätigte sich auf verschiedenen Gebieten: Bedingungen, die eine Leistung erschweren, steigern zunächst die Variabilität: z. B. Ablenkung der Aufmerksamkeit. Im Gegenteil wirken Bedingungen, welche eine Leistung erleichtern, ausgleichend. Das ist besonders bei der Übung der Fall.

§ 2. Begriff und Bedeutung der Korrelation.

1. Die Aufgabe der Korrelationsforschung ist nicht, eine einzelne psychische Leistung durch ihre Beziehung auf ihre physischen Ursachen oder Wirkungen festzulegen, sondern zwischen den verschiedenen Geistesfähigkeiten als Ganzen den mehr oder weniger innigen Zusammenhang (Korrelation) festzustellen und womöglich zahlenmäßig anzugeben. Ganz allgemein nimmt man ja solche Zusammenhänge an; freilich gelten sie nicht als absolut notwendig. Es kann auch einmal von zwei als nahe verwandt geltenden Fähigkeiten die eine stark, die andere schwach ausgebildet sein. Es besteht gewöhnlich nur eine mehr oder weniger starke Neigung für das gleichzeitige Vorhandensein.

Besonders interessierte die Frage nach einem Test der Intelligenz, d. h. nach Leistungen, deren experimentelle Untersuchung einen Gradmesser für die vorhandene Intelligenz bieten könne. Die älteren Resultate der Intelligenzforschung waren wenig übereinstimmend. — *Gilbert* (1893), der 1200 Schulkinder untersuchte, fand eine Korrespondenz zwischen der Intelligenz und dem Unterscheidungsvermögen für Gewichte und Helligkeiten; weiter eine starke Korrespondenz zwischen Intelligenz und Reaktionszeit, die aber sonderbarerweise nachläßt, wenn die Reaktion durch Komplikationen intellektueller gemacht wird. — *Ebbinghaus* verglich Lernen, Addieren von Zahlen und eine eigene Kombinationsmethode. Die Rangordnung der Kinder nach dem Verstand zeigte eine merkliche Korrespondenz mit allen drei Leistungen, am meisten mit der Kombinationsmethode, am wenigsten mit dem Gedächtnis. Anderseits fehlte es nicht an Arbeiten, welche viele der gefundenen Korrelationen wieder bestritten. *Seashore* fand (1899): Intelligenz zeigt keine merkliche Korrelation mit dem Unterscheidungsvermögen für Tonhöhen, Tonstärken, Farben oder Gewichte. — Indessen weist *Spearman* nach, daß fast alle diese Untersuchungen wenig methodisch durchgeführt worden sind. Die meisten Arbeiten begnügten sich mit der Aufstellung von Tabellen, aus denen nichts Rechtes zu ersehen ist. Fast nie wurde das zu lösende Problem klar genug aufgestellt, so daß man wissen könnte, welche Bedingungen eingeschlossen oder ausgeschlossen sind. Oft wurden Personen von jedem Alter zusammengeworfen. Ebensowenig wurde versucht, die störenden Ursachen zu messen, obwohl das bisweilen die Resultate umkehren würde. Die bisherigen Versuche können also nicht als entscheidend betrachtet werden. Mehr ist von der durch *Pearson* ausgebildeten und von *Spearman* auf psychologische Probleme übertragenen Korrelationsrechnung zu hoffen.

2. Begriff der Korrelation. Zwei Merkmale stehen in Korrelation, wenn bestimmte Varianten des einen Merkmales bestimmten Varianten des andern mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zugeordnet sind. Man fragt: Mit welcher Wahrscheinlichkeit läßt ein gutes Ergebnis der einen Reihe ein ebensolches der andern Reihe erwarten? Um wieviel mehr oder weniger weichen die beiden Reihen voneinander ab, als bei einer zufälligen Zu-

ordnung zu erwarten wäre? (*Lipmann.*) Zur Messung dieser Korrespondenz muß man das Resultat in einer einzigen Zahl angeben können, statt bloßer Ausdrücke wie groß, klein usw. oder bloßer Tabellen. Das leistet der Korrelationskoeffizient r, der den Gesamtgrad der Proportionalität zwischen zwei Arten von Merkmalen ausdrückt. *Galton* (1886) bildete das System aus, wonach vollkommene Korrespondenz durch $r = +1$, vollkommene Unabhängigkeit durch $r = 0$, vollkommene umgekehrte Korrespondenz durch $r = -1$ ausgedrückt wurde.

Ferner ist neben r auch der wahrscheinliche Fehler zu berechnen, als Maß für seine Genauigkeit. Resultate sind unbrauchbar, wenn die Korrelation bloß zweimal so groß ist als dieser wahrscheinliche Fehler. Am besten verlangt man für Resultate, daß sie fünfmal so groß seien wie dieser Fehler, besonders wenn es sich um kurze Reihen handelt. Allgemein gilt: Ist die Korrelation r, der wahrscheinliche Fehler f, die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens durch reinen Zufall w, so ist:

für $\frac{r}{f} =$	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$w =$	$^1/_2$	$^1/_6$	$^1/_{23}$	$^1/_{143}$	$^1/_{1250}$	$^1/_{19\,000}$.

Was man mit der Korrelationsforschung leisten will, erklärt eingehender *Stern.* Das nächste Ziel ist die Auffindung von Strukturzusammenhängen der Dispositionen. So erwiesen *Spearman* und *Krüger* eine überraschend starke Korrelation zwischen Addieren, Tastschärfe und Tonunterscheidung. Oft untersucht wurde der Zusammenhang zwischen Intelligenz und Gedächtnis; für das rein mechanische Gedächtnis zeigte sich gewöhnlich keine Korrelation; dagegen wuchs dieselbe um so mehr, je mehr Verstandeselemente ins Gedächtnis kamen. Auch die Intelligenz ist eine formale Eigenschaft, die auf den Zusammenhang ihrer Teilfähigkeiten (Kombinieren, Definieren, Urteilen, Verständnis für Abstraktes usw.) untersucht werden kann. Beim gleichen Individuum zeigt sich eine enge Zusammengehörigkeit zweier Merkmale, wenn sie im zeitlichen Verlauf gemeinsam steigen und fallen; einige gehen dann parallel, andere hemmen sich eher. Dasselbe gilt von der Übung.

Aus diesen Strukturzusammenhängen lassen sich weiter auch ursächliche Zusammenhänge mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit erschließen, ob ein Merkmal ursächlich abhängt von Vererbung, Geschlecht, Alter, Beruf, Rasse, wie es besonders die Schule von *Galton* erforschte.

Besteht zwischen zwei Merkmalen p und q, von denen nur eines eine leichte Untersuchung zuläßt, eine hohe Korrelation, so ist dieses ein brauchbares Symptom für das andere. Die Korrelationsforschung ist deshalb die zuverlässigste Eichungsmethode für den Symptomenwert eines Merkmals.

§ 3. Formeln zur Berechnung der Korrelation.

Werden zwei quantitativ abgestufte Variantensysteme in Beziehung gesetzt, so entsteht eine Reihenkorrelation, entweder nach ihren Maßzahlen oder nach Reihenplätzen (Maßkorrelation — Reihenkorrelation; *Lipmann* unterscheidet sie als Korrelation und Koordination). Zwei qualitativ gegliederte Variantensysteme

treten zueinander in qualitative Korrelation (Kontingenz). — Nur zwei unabhängig voneinander gewonnene Variantensysteme können auf Korrelation untersucht werden: sonst könnte irrtümlich eine sehr große Korrelation vorgetäuscht werden. Am besten ist das Verfahren unwissentlich, so daß der, welcher das eine Variantensystem untersucht, von der Stelle der Versuchspersonen im andern nichts weiß.

1. Die Hauptformel für die Maßzahlen. Um die Genauigkeit einer Beziehung zwischen zwei Variantensystemen (z. B. der Körperlänge und dem Alter) zu übersehen, ist es empfehlenswert, die Werte zunächst in eine Tafel zu ordnen, die zeigt, wie oft gewisse Werte der einen Eigenschaft (der Körperlänge) mit gewissen Werten der andern (des Alters) zusammentreffen. Nach *Betz* verteilt man dafür die Varianten der einen Eigenschaft (x) in eine Anzahl Gruppen a, b, c usw., die der andern Eigenschaft (y) in eine gleich große Anzahl Gruppen α, β, γ usw. Dann schreibt man die Gruppen der Reihe nach an die Längsseite und Höhe eines Quadrates, wie in der Figur ersichtlich, und setzt in jedes Feld die Anzahl der Fälle, welche diese beiden Werte der Eigenschaft gemeinsam haben. So erhält man folgende Zusammenstellung (von *Betz*):

		b	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*k*	*x*
α		1									1
β		1	3	1			1				6
γ	1		5	7	3		1				17
δ		1	2	11	21	10	2	1			48
ε			1	4	14	22	9	2			52
ζ		1		1	5	10	10	6		1	34
η				1	1	5	7	2	1		17
θ								3			3
ι						1			1		2
κ								1			1
y	1	4	11	25	44	48	30	15	2	1	181

Die Tabelle läßt unmittelbar erkennen, daß gewisse Werte mit gewissen andern Werten vorzugsweise zusammentreffen. Die meisten Zahlen liegen nahe der Diagonale, und nicht wie bei voller Unabhängigkeit unregelmäßig über alle Quadranten verteilt. Genauer sieht man das, wenn man die Mittelwerte aller y bestimmt, die zu den einzelnen x gehören, und umgekehrt die Mittelwerte aller x, die zu den einzelnen y gehören, und dieselben durch eine Kurve verbindet. So erhält man zwei Punktreihen, die gewöhnlich Geraden ähnlich (linear) sind und die sich in der Mitte schneiden. Diese Geraden heißen die Regressionslinien (der Name Regression stammt von *Galtons* Untersuchungen über die Vererbung, die immer teilweise von den Eltern weg zum Gesamtmittel der Umgebung „zurückstrebt“). Die Übereinstimmung beider Eigenschaften ist am größten, wenn die Geraden ganz zusammenfallen; sie ist 0, wenn jede Gerade parallel mit ihrer Achse läuft.

Die gesuchte Darstellung der Korrelation durch eine Zahl gibt der Korrelationskoeffizient r in einer Formel, welche zuerst von *Bravais* (1846) aufgestellt und später von *Pearson* (1896) als die beste erwiesen wurde. Sie heißt die „Formel der Produktmomente" und gilt für die Korrelation zwischen zwei Variabeln, welche quantitativ meßbar sind.

Sind x und y jetzt die Abweichungen eines Paares von ihren betreffenden Mittelwerten (Zentralwerten), also xy das Produkt von zwei zugehörigen Werten, und Sxy die Summe aller dieser Produkte, Sx^2 die Summe aller Quadrate der verschiedenen x (entsprechend Sy^2 für die y), so gilt für den Korrelationskoeffizienten:

$$r = \frac{Sxy}{\sqrt{Sx^2 \cdot Sy^2}}.$$

Der wahrscheinliche Fehler von r ist bei einer größeren Zahl (n) annähernd:

$$w = 0.6745 \cdot \frac{1 - r^2}{\sqrt{n(1 + r^2)}},$$

oder nach *Betz* einfacher:

$$w = 0{,}6745 \cdot \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}.$$

Dem Korrelationskoeffizienten ist nur dann Bedeutung beizumessen, wenn er mindestens zwei- bis dreimal größer ist als der wahrscheinliche Fehler. Genauer ist nach *Jaederholm* (ZAngPs 11) eine Differenz zweier Korrelationskoeffizienten nur dann bedeutungsvoll, wenn

$$r_2 - r_1 > 2{,}5 \cdot \sqrt{\epsilon^2(r_2) + \epsilon^2(r_1)}$$

wo r_1 und r_2 die Koeffizienten, $\epsilon(r)$ der wahrscheinliche Fehler von r. Danach wäre z. B. für eine Reihe von $n = 11$ Gliedern erst über $r = 0{,}63$ ein Unterschied von 0 nachgewiesen. Ähnlich *Johannsen:* Bei wenigen Exemplaren, wie 25, ist die Zahl selbst nicht brauchbar. Aber man erhält einen Hinweis darauf, daß überhaupt eine Korrelation besteht, wenn der Wert wesentlich von Null verschieden ist.

Die meisten physikalischen Gesetze sind nicht linear; man könnte also vermuten, daß die vorige Formel, die lineare Regression voraussetzt, selten brauchbar wäre. In Wirklichkeit ist es anders. Die große Mehrzahl der untersuchten Korrelationen zeigte sich linear, was vielleicht damit zusammenhängt, daß die beobachtete Korrelation nur die Resultante aus einer großen Zahl verschiedener Gesetzmäßigkeiten ist. Für den Fall einer nicht linearen Regression entwickelte *Pearson* eine kompliziertere Formel für das Korrelationsverhältnis (vgl. *Betz*). Man muß also an der Verteilungstafel zunächst feststellen, ob genügende Linearität besteht. (Ein ausgeführtes Beispiel gibt *Betz* in ZAngPs 6, 65 ff.)

2. Die Korrelation aus Rangordnungen. Oft sind keine genaueren Werte der Eigenschaften anzugeben, sondern es läßt sich bloß eine Rangordnung aufstellen. Für diesen Fall hat *Spearman* eine Formel für den Korrelationskoeffizienten (ρ) entwickelt.

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot S(x - y)^2}{n(n^2 - 1)}.$$

x, y bedeuten hier nicht die gemessenen Abweichungen, sondern einfach die Rangplätze des Individuums. *Baade* (ZAngPs 20) gibt eine Methode an, die Formel schnell auszurechnen. Für jede Differenz $d = x - y$ wird auf eine Zeigerwage ein Gewicht gelegt, das diese Zahl trägt, aber in Wirklichkeit so viel wiegt wie das Quadrat der Zahl. Dann läßt am Schluß die Wage unmittelbar die Summe Sd^2 ablesen. Weiter findet man in einer Tabelle das zu einem bestimmten n und Sd^2 gehörige ρ. Auf diese Weise läßt sich eine Korrelation für $n = 50$ in wenigen Minuten erledigen. — Der wahrscheinliche Fehler ist angenähert:

$$w = 0{,}70643 \cdot \frac{1 - \rho^2}{\sqrt{n}},$$

mithin etwas größer als der vorher berechnete Fehler von r.

Wirth: Schon die ersten Versuche der Bestimmung von Korrelationen durch Psychologen (*Binet* usw.) benutzten Rangordnung. Es wurden die Differenzen der Rangordnungen bestimmt, die jedes Individuum in den zwei Reihen der beiden Fähigkeiten einnahm und aus ihrem arithmetischen Mittel die Korrelation beider Reihen beurteilt. Gerade bei höheren Fähigkeiten, wie Intelligenz, sind überhaupt nur Rangordnungen aufzustellen. *Spearman* zeigte später zunächst empirisch, daß man bei genügender Zahl der Paare den Korrelationskoeffizienten auch aus den Rangordnungen berechnen kann. Später wies *Pearson* genauer nach, daß unter Annahme des *Gauß*schen Gesetzes r und ρ fast völlig zusammenfallen.

Spearman erwähnt als Vorteil dieses Rangordnungsverfahrens: so können Reihen mit ganz verschiedenem Bildungsgesetz miteinander verglichen werden, was sonst nicht möglich ist. Ebenso lassen sich dann zwei Reihen leicht miteinander in eine Gesamtreihe vereinigen. Nach *Betz* ist es ein Nachteil der Rangstufenmethode, daß sie nur unter der Voraussetzung der *Gauß*schen Verteilung vergleichbare Resultate gibt, während die erste Methode bloß lineare Regression verlangt. Nach *Lipmann* hat die Formel den Nachteil, alle Differenzen in gleicher Weise zu berücksichtigen, was bei einzelnen überhohen Werten das Ergebnis trüben kann. Aus ähnlichem Grunde, wie man unter den Mitteln den Zentralwert vorzieht, empfiehlt er deshalb, hier nur diejenigen Differenzen zu benutzen, die in der Reihe der nach der Größe geordneten Differenzen die zwei mittleren Viertel ausmachen. Ist *Cdr* ihr Zentralwert, *Odr* und *Udr* die Werte dieser Differenzen, die die mittlere Hälfte nach oben und unten abgrenzen, so ist der verbesserte Korrelationskoeffizient

$$\rho' = 1 - \frac{3 \cdot (Odr^2 + 2\, Cdr^2 + Udr^2)}{2\,(n^2 - 1)}.$$

3. Die Zuverlässigkeit der Messungen. Jede Messung unterliegt Beobachtungsfehlern. Diese Fehler werden nun für die Korrelation durch eine größere Menge von Versuchen nicht wie sonst durch einander aufgewogen, sondern die Korrelation wird dadurch beständig vermindert. Ein Beispiel: Werden drei Bälle auf ebener Straße durch einen anfänglichen Anstoß vorangerollt, so zeigt der Ort, wo sie liegen bleiben, eine recht gute Korrespondenz mit der anstoßenden Kraft (nach Entfernung und Richtung). Werden sie dagegen einen holperigen Abhang hinabgerollt, so wird sich von der Verschiedenheit der anstoßenden Kräfte in der Endlage ungefähr nichts mehr zeigen: durch die zufälligen Kräfte ist die Korrelation vernichtet worden. — Um die Größe dieser Fehler zu erkennen, führt man für die zu messenden Gegenstände, deren Korrelation gesucht wird, mehrere unabhängige Messungsreihen aus, z. B. wenn man die Korrelation für Längen und Breiten sucht, für die Längen die Messungen A_1, A_2, für die Breiten ähnlich B_1, B_2.

Dann hat man in der Korrelation zwischen den verschiedenen Messungen derselben Größe den Zuverlässigkeitskoeffizienten der Messung.

Spearman glaubt mit Hilfe dieser Zuverlässigkeitskoeffizienten aus der rohen Korrelation der Hauptformel die wahre Korrelation herausrechnen zu können. Das geschieht durch die „Ergänzungsformel“:

$$AB = \frac{M(A_1 B_1, A_1 B_2, A_2 B_1, A_2 B_2)}{M(A_1 A_2, B_1 B_2)},$$

worin $A_1 B_1$ die Korrelation zwischen den Reihen A_1 und B_1 bedeutet, und ähnlich in allen andern Fällen. $M(\ .\ .)$ bedeutet den Mittelwert der in der Klammer eingeschlossenen Größen, und zwar ist im Nenner immer das geometrische Mittel zu nehmen; im Zähler kann man das arithmetische Mittel nehmen, wenn die zwei Messungsreihen als gleich genau gelten können, sonst das geometrische Mittel.

Betz dagegen hält diese Methode der Elimination nicht für anwendbar, weil die Voraussetzung nicht zutrifft, daß die Beobachtungsfehler des gleichen Beobachters untereinander oder selbst mit den Beobachtungen eines andern keine Korrelation haben. *Pearson* und *Brown* fanden solche Korrelationen von recht hohem Betrag. — *Spearman* entgegnet (ZAngPs 6, 75 u. 565): Solche Korrelationen können durch geeignete Teilung der Beobachtungsreihe ausgeschieden werden; dafür genügt meist, daß man für die eine Hälfte die ungraden Werte wählt, für die andere die graden. Wenn dann bei der Prüfung der Messungen die Korrelation unter 10 % fällt, kann man sie einfach nach der Formel verbessern. Ist sie dagegen größer, so muß man weiter messen und zuverlässigere Durchschnittswerte erlangen. *Brown* (BrJPs 6, 223 ff.) findet die Formel *Spearmans* unanwendbar: entweder erreiche die Art der Gruppierung, die er vorschlägt, die Ausschaltung der zufälligen Fehler nicht, oder die übrigbleibenden Fehler seien nicht ohne Korrelation. Auch *Damm* findet bei seiner größeren Versuchsreihe, daß die Voraussetzungen der Ergänzungsformel nie vorhanden waren. Man müsse lieber versuchen, durch Mittelziehung aus einer größeren Anzahl von Reihen die Fehler zu verkleinern. — Es kann nicht geleugnet werden, daß es von vornherein schwer glaublich erscheint, daß die größere Unzuverlässigkeit einer schlechteren Beobachtungsart wieder nachträglich durch eine Formel gutgemacht werden könne.

4. Die Korrektionsformel wegen störender Einflüsse. Solche können eine Korrelation vortäuschen, die nicht besteht. Nehmen wir an, A (Intelligenz) und B (Unterscheidungsvermögen für Töne) steigen beide mit dem Alter, beide hätten dagegen an und für sich miteinander gar keine Korrelation, so wird sich trotzdem in den Rangordnungen eine gewisse Übereinstimmung zeigen; denn die Jüngeren haben weniger von beiden Fähigkeiten, stehen in beiden Rangordnungen nach. Also wir erhalten dann eine scheinbare Korrelation. Anders ist es, wenn nur eine Fähigkeit mit dem Alter zusammenhängt; ihre Korrelation erscheint dann kleiner, als sie wirklich ist.

Man kann nicht alle diese störenden Bedingungen im Verfahren selbst ausschließen, wie das *Brown* verlangt. Man muß sich begnügen, sie möglichst klein zu machen und den Rest durch Rechnung zu entfernen. Letzteres geschieht durch die Korrektionsformel, die von *Yule* stammt. Sei $\overline{AB}$ die korrigierte Korrelation, AB die unkorrigierte, ferner AC und BC die direkt ermittelten Korrelationen zwischen A (bzw. B) und einer nicht zugehörigen Bedingung C (von denen eines auch Null sein kann), so gilt:

$$\overline{AB} = \frac{AB - AC \cdot BC}{\sqrt{(1 - AC^2)(1 - BC^2)}}.$$

Man muß also vor allem die Frage scharf stellen, möglichst eindeutig die Fähigkeiten festlegen, zwischen denen der Zusammenhang gesucht wird. Man muß weiter alle nicht zugehörigen Bedingungen, die von Einfluß sind, ermittelt haben; dafür müssen die betreffenden Fähigkeiten schon anderweitig gut untersucht sein. Fremde Einflüsse, die stören, sind erst dann zu vernachlässigen, wenn sie bedeutend kleiner sind als der wahrscheinliche Fehler.

5. Ein Beispiel. *Krüger* und *Spearman* prüften vier Leistungen: die Raumschwelle, die Fähigkeit des Addierens und Auswendiglernens, die Unterscheidungsfähigkeit für Töne, dazu die von *Ebbinghaus* aufgestellte Kombinationsmethode. Aus dem früheren Material war schon bekannt, daß das Addieren und Auswendiglernen den kleinsten Störungen ausgesetzt sind. Die Verschiedenheit von Alter und allgemeiner Bildung wurde durch die Wahl der Versuchspersonen (Studenten) vermieden; die Verschiedenheit der Tageszeit machte wenig aus. Personen, die durch Übung ausgezeichnet waren, wurden ausgeschlossen. Alle irgendwie bedenklich erscheinenden Umstände während der Versuche wurden verzeichnet, um ihren Einfluß durch die Korrektionsformel ausscheiden zu können: so Alter, Beschäftigung mit Musik, mit Mathematik, Gesundheitszustand, Ermüdung, Zerstreutheit, Temperatur, Feuchtigkeit der Luft usw.

Die direkten Versuchsergebnisse wurden zunächst in Ordnungszahlen übergeführt; so ergab sich für jede Leistung eine Rangordnung der Versuchspersonen, und zwar geschah das für jeden der beiden Versuchsleiter gesondert. Zwischen zwei Fähigkeiten berechnete man mithin vier Korrelationen; seien A und B die Fähigkeiten und die Indizes die Anzeichen der zwei Versuchsleiter, so fand man die Korrelationen: $A_1 B_1$, $A_2 B_2$, $A_1 B_2$, $A_2 B_1$. Das Mittel aus allen betrachtete man als rohe Korrelation AB. Nur drei Korrelationen überstiegen die wahrscheinlichen Fehler um mehr als das Fünffache, nämlich *Ad* (= Addieren) — *K* (= Kombinationsmethode) 0,79 (± 0,06); *Ad* — T (= Unterschied für Töne) 0,67 (± 0,08); *K* — T 0,59, (± 0,12). Darauf wurden die Zuverlässigkeitskoeffizienten für diese Leistungen bestimmt (z. B. für Addieren war er 0,76 ± 0,07); die Ergänzungsformel lieferte dann die reinen Korrelationen $Ad - T = 0{,}80$; $Ad - K = 0{,}93$; $T - K = 0{,}81$. Ein Vergleich zeigte, daß für den Raumsinn die Fehler sehr hoch sind; der Zuverlässigkeitskoeffizient war dort nur 0,42; diese Bestimmung ist also für die Korrelationen nicht brauchbar. Im Gegensatz dazu ist der Koeffizient beim Auswendiglernen 0,92, also fast vollkommen.

Die Korrektionsformel wird dann so angewandt, daß man für jeden der möglicherweise störenden Einflüsse eine Rangordnung bestimmt (z. B. für Temperatur) und dann deren Korrelation mit jeder zu untersuchenden Fähigkeit berechnet. Es zeigten sich dadurch keine Korrektionen von größerer Bedeutung notwendig.

6. Neben den mitgeteilten Hauptformeln sind von verschiedenen Forschern weitere ausgebildet worden. So beachtet *Deuchler* (ZPdPs 15) nur die Richtung, nicht die Größe der Unterschiede: entspricht dem Größerwerden in einer Reihe i-mal ein Größerwerden in der andern und k-mal ein Kleinerwerden darin, so ist ihm der Korrelationskoeffizient $r = \frac{i-k}{i+k}$.

Huth (Beiheft 29 zu ZAngPs [1921]) empfiehlt, den Winkel der Regressionslinien als Maß zu nehmen. *Lipmann* untersucht, wie stark sich die Rangplätze jeder Versuchsperson in den zwei Messungsreihen unterscheiden. Die gefundenen Differenzen ordnet er in eine Rangreihe, diese wird durch den Zentralwert und die beiden Nebenwerte der Hälften (als Streuungsmaße) vertreten. Bei vollkommener Übereinstimmung wären diese drei Werte alle gleich Null; bei völlig fehlender

Korrelation sind die prozentual genommenen Werte 13 | **29** | 50, wobei 29 der Zentralwert, 13 und 50 die Werte bei den Stellen $^1/_4$ und $^3/_4$ der Reihe. Die Annäherung an die eine oder andere Grenze gibt ein Maß für die wirkliche Korrelation (Genaueres siehe bei *Lipmann*).

Eine genaue Vergleichung der verschiedenen Methoden zur Berechnung der Korrelation, deren Ergebnisse außerordentlich weit auseinander gehen, und eine Beurteilung ihres relativen Wertes steht einstweilen noch aus. Vorläufig haben nur die Formeln von *Spearman* eine größere Verbreitung gefunden.

7. Die Kontingenz. Darunter versteht *Stern* den Zusammenhang zweier Eigenschaften, von denen nur die Anwesenheit oder Abwesenheit festzustellen ist. Den Übergang von der vorigen Korrelation hierzu kann man sich denken, indem die gegebene Rangordnung immer kürzer wird, bis an den Grenzen nur noch gesagt werden kann, ob eine Person eine gewisse Eigenschaft hat oder nicht. Die Eigenschaften p und q ergeben dann nur noch eine Verteilungstafel von vier Feldern, woher der Name „Vierfeldermethode“:

Eigenschaft:	p	*nicht-p*
q	a	b
nicht-q	c	d

a, b, c, d bedeuten die Anzahl der Fälle, welche zu der betreffenden Verbindung von Eigenschaften gehören.

Der zugehörige Koeffizient ist nach *Pearson:*

$$q = \sin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\sqrt{ad} - \sqrt{bc}}{\sqrt{ad} + \sqrt{bc}}.$$

Hierdurch erhält man eine ziemlich gute Annäherung, meist innerhalb der wahrscheinlichen Fehler. *Yule* schlug die einfachere Formel vor:

$$q' = \frac{ad - bc}{ad + bc}.$$

Unter bestimmten Voraussetzungen kann man von da aus den Korrelationskoeffizienten r berechnen (*Betz*) und erhält einen wahrscheinlichen Fehler, der etwa dreimal so groß ist als der bei der ersten Methode gewonnene. Auch ist der Wert q' im Mittel etwa um 25% mehr als r, also nur zu einer vorläufigen Übersicht brauchbar.

Stern entwickelt eigene Formeln zur Berechnung der Kontingenzen und ihrer wahrscheinlichen Fehler. Ebenso *Lipmann*.

8. Die Fraktionskorrelation (*Stern*). Wir beschränken uns hier auf die Fraktionierung von Rangreihen. Man spaltet die Rangreihe etwa so, daß man das gute und das schlechte Viertel von den andern abtrennt und so drei Gruppen gewinnt. Wir können dann nicht direkt die Fraktionen der verschiedenen Reihen miteinander in Beziehung setzen, da sie zum Teil aus verschiedenen Personen bestehen. Man geht also so voran: Man nimmt das gute Viertel des Merkmales p und schreibt neben jeder Person ihren Rangplatz für das Merkmal q; die ersteren Plätze schwanken zwischen 1 und 25%, die letzteren zwischen 1—100%. Man kann nun die Maßformel mit r anwenden. Als Werte x, y dienen dabei nicht die Rangplätze selbst, sondern ihre Abweichungen vom Mittelwert. Auf solche Weise bestimmt man sechs gerichtete Korrelationen: von der guten Fraktion des p nach q: von der mittleren Fraktion des p nach q usw.

Hier kann man die von p und von q ausgehenden Korrelationen vergleichen. Sind sie stark verschieden, so sind die Korrelationen einseitig. So könnte es vielleicht sein, daß von guter oder schlechter Intelligenz ziemlich wahrscheinlich auf entsprechendes Gedächtnis geschlossen werden dürfte, aber nicht umgekehrt. Die einseitige Korrelation beweist zugleich ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen den beiden Merkmalen, z. B. daß hier die Intelligenz das Bestimmende für das Gedächtnis sei.

§ 4. Einige Leistungen der Korrelationsforschung.

1. Die Lehre vom Zentralfaktor.

Literatur. *Hart* und *Spearman,* nach einem Bericht von *Wohlgemuth,* in ZPs 67. 476 ff. — *Spearman,* Die Theorie von zwei Faktoren, in 6 CgEPs 66 ff. — *Webb,* Character and intelligence, in BrJPs, Monogr. Suppl. 3 (1915). — Weitere Artikel von *Spearman, G. H. Thomson* und *Garnett,* in PsR 27 (1920) und BrJPs 9 u. 10.

Das Bestehen der Korrelationen kann man sich in verschiedener Weise deuten. Eine erste Theorie (*Thorndike*) begründet jede Fähigkeit auf das Zusammenwirken einer großen Zahl unabhängiger Elementarfähigkeiten; die Korrelation zweier Fähigkeiten wird durch die Zahl dieser gemeinsamen Elemente bestimmt; letztere können sowohl formaler Natur sein (Unterscheidung. Beobachtung) wie inhaltlich (Farbe, Zahl usw.). In dieser Theorie müßte nach *Spearman* der Korrelationskoeffizient zwischen den verschiedenen Koeffizienten gleich Null sein, was durchaus nicht der Fall ist. — Eine andere Theorie nimmt gewisse Grundvermögen an. deren jedes ein besonderes Zentrum von Korrelationen schafft; zwischen den verschiedenen Leistungen desselben Vermögens ist dann eine hohe Korrelation zu erwarten, zwischen denen verschiedener Vermögen eine niedere, woraus sich weiter ableiten läßt. daß der mittlere Wert aller Korrelationen sehr klein wäre. — Nach einer dritten Theorie. die *Spearman* vertritt. hängt jede seelische Leistung von zwei Faktoren ab. einem allgemeinen (dem Zentralfaktor), der mehr oder weniger in alle Fähigkeiten eingeht, und einem besondern (spezifischen). der nicht zwei merkbar verschiedenen Fähigkeiten gemeinsam ist. Dagegen leugnet diese Theorie weitere Gruppenfaktoren. die für eine größere Zahl, aber nicht für alle Fähigkeiten gelten würden. Bei Fähigkeiten. die einander nicht zu ähnlich sind, liegt deshalb die Korrelation immer nur an dem allgemeinen Faktor; das Maß der Abhängigkeit von ihm kann mit einer Formel abgeleitet werden. So hatten nach *Webb* Vergleichen und Schließen in seinen Versuchen die Korrelation 0,73: davon hatte das Schließen mit dem allgemeinen Faktor den Zusammenhang 0,94: das Vergleichen mit ihm 0,85. Der Beweis dieser Theorie liegt für *Spearman* darin, daß zwischen den verschiedenen Korrelationskoeffizienten selbst eine sehr hohe Korrelation besteht, daß sie sich in eine vollkommene Hierarchie ordnen lassen. Mathematisch gesprochen heißt das: Es besteht zwischen beliebigen Fähigkeiten $a\,b\,p\,q$ die Beziehung

$$r_{ap}/r_{aq} = r_{bp}/r_{bq},$$

wo r_{mn} den Korrelationskoeffizienten zwischen m und n bedeutet. In der Tat konnte *Spearman* zeigen, daß in einer großen Reihe von Arbeiten anderer Forscher, die selbst die Lehre vom Zentralfaktor nicht hielten, die Korrelation der Korrelationen immer sehr nahe gleich $+1$ war. Er durchsuchte das ganze Feld der geistigen Prüfungen vergebens nach Widersprüchen gegen die Theorie. Empirische Bestätigungen der Theorie lieferten *Whyatt* 1913, *Webb* 1915; eine theoretische Bestätigung gab *Garnett.* Die Natur des gemeinsamen Faktors blieb freilich ziemlich dunkel. *Krüger* und *Spearman* sahen darin eine plastische Eigenschaft der Nerven, die größere Geschwindigkeit und Genauigkeit sehr eingeübter Leistungsfähigkeiten. Später spricht

Spearman von einem gemeinsamen Energiefond. *Webb* findet den Faktor besonders stark in aller Art intellektueller Tätigkeit.

Andere Forscher haben später noch weitere allgemeine Faktoren beigefügt. *Webb* sieht einen solchen in der Dauerhaftigkeit der Motive, der Konstanz des Willens. Nach *Garnett* (1919) sind neben dem allgemeinen Faktor *Spearmans* zwei große Gruppenfaktoren anzunehmen, die praktisch fast allgemein seien: nämlich neben dem von *Webb* noch ein weiterer, den er Geschicklichkeit (cleverness) nennt, der große Verwandtschaft mit Optimismus, Schnelligkeit der Auffassung usw. zeigt.

Demgegenüber bevorzugt *G. H. Thomson* als natürlicher die Lehre, daß verschiedene Faktoren zusammenwirken, von denen einige ganz allgemein sein mögen, andere nur für eine kleine Zahl Fähigkeiten gelten, die Gruppenfaktoren. Er hält *Spearmans* Widerlegung der Gruppenfaktoren nicht für durchschlagend. Durch Würfelversuche, mit denen man künstlich die Korrelationen nachahmen kann, konnte er Fälle von Hierarchie herstellen, ohne daß ein allgemeiner Faktor vorhanden war. Mit *Garnett* stimmt er darin überein, daß zwar bei vollkommener Hierarchie die Gruppenfaktoren ausgeschlossen seien, nicht dagegen bei unvollkommener, wie sie nach seiner Ansicht die Beobachtungen immer nur liefern. *Spearmans* theoretische Ableitung nehme irrig bei gewissen Größen das Fehlen einer Korrelation an, die in Wirklichkeit eine beträchtliche Größe besitze usw.

Schon diese Meinungsverschiedenheit läßt erkennen, daß die Lehre vom allgemeinen Faktor und dem Ausschluß beschränkter Gruppenfaktoren nicht als allgemein anerkannt gelten kann. *J. R. Thompson* (BrJPs 10) erinnert weiter daran, daß es neben den unterstützenden Faktoren auch einander hemmende geben könne, die vermutlich im Spiele sind, wenn einander sehr ähnliche Fähigkeiten eine auffallend kleine Korrelation zeigen. Diese Möglichkeit macht die Berechnung der gemeinsamen Teile in verschiedenen Fähigkeiten wohl noch schwieriger. Der Hauptnutzen der Korrelationsforschung liegt übrigens weniger in der Feststellung allgemeiner Faktoren von ziemlich rätselhafter Natur, als in der Ergründung des mehr oder minder engen Zusammenhangs der sonst gut definierten psychischen Fähigkeiten, woraus sich dann Vermutungen über deren Natur aufstellen lassen.

2. Einzelne Beispiele von Korrelationen.

Brown suchte die Korrelation zwischen verschiedenen Teilen der mathematischen Begabung. Zwischen der für Algebra und Arithmetik fand er $r = 0{,}75$, zwischen Geometrie und Arithmetik nur 0,28; Geometrie-Algebra 0,18. Das spricht für die Teilung der mathematischen Begabung in die besondern Typen des geometrischen und analytischen.

Eine große Menge von Ergebnissen liegt schon auf dem Gebiet der psychischen Vererbung vor (*Peters*, in FsPs 3 [1915] 185 ff.). *Pearson* fand für körperliche Merkmale bei Geschwistern die Korrelation $R = 0{,}51$ (wo R der *Pearson*sche Kontingenzkoeffizient); für psychische Merkmale fast dasselbe, $R = 0{,}52$. *Schuster* und *Elderton* fanden auf Grund der Schulzeugnisse: Die Ähnlichkeit bei Brüdern ist größer ($R = 0{,}40$) als die von Vater und Sohn ($R = 0{,}31$). *Thorndike* stellte bei einer großen Anzahl Zwillingen fest, daß sie in den verschiedenen Leistungen ungefähr doppelt so ähnlich sind wie andere Geschwister. Er fand bei ihnen Koeffizienten von etwa 0,78, bei sonstigen Geschwistern von 0,31; ebenso ergaben die anthropometrischen Messungen bei Zwillingen im Mittel 0,77. *Peters* untersuchte besonders eingehend die Vererbung der Fähigkeit zu Schulleistungen. Er fand unter anderem, wie sein Vorgänger, eine mäßige Korrelation zwischen den mittleren Noten in den Schulzeugnissen der Eltern und ihrer Kinder ($R = 0{,}37$). Auch er bestätigt die größere Ähnlichkeit unter den Geschwistern im Verhältnis zu der zwischen Eltern und Kindern.

Damm verglich die Unterschiedsempfindlichkeit für optisch gebotene Strecken, für Farbensättigungsgrade, Schallintensitäten und Taststrecken. Die Vergleichsreize wurden immer nacheinander geboten, mit einer Zwischenzeit von 1,5″ oder 2,5″. Die relativen Unterschiedsschwellen waren alle klein: bei den optischen Strecken etwa $^1/_{70}$, bei Farbensättigungen $^1/_{83}$, bei Schallstärken $^1/_{20}$, bei Taststrecken $^1/_{40}$. Jede Versuchsperson zeigte im allgemeinen auf allen vier Gebieten überall große oder überall kleine Schwellen, ein Parallelismus, der für die Streuungen nicht galt. Zwischen den Schwellen sämtlicher vier Versuchsgebiete bestanden hohe und von der Zwischenzeit fast unabhängige Korrelationen, im Mittel 0,85; für die Streuungen dagegen waren keine Korrelationen von Bedeutung nachzuweisen. Durch wachsende Übung wurden die Korrelationen erhöht, nicht, wie *Binet* einst meinte, verkleinert; das Wachstum beruht besonders darauf, daß man die Aufmerksamkeit auf den Vergleichsreiz einstellen lernt.

Fünfter Abschnitt.

Assoziation der Vorstellungen.

Literatur. Neben den zusammenfassenden Darstellungen in den Lehrbüchern: *Ebbinghaus,* Über das Gedächtnis, 1885. — *G. E. Müller* und *Schumann* (kurz zitiert *MuS*), Experimentelle Beiträge zur Untersuchung des Gedächtnisses, in ZPs 6 (1894) 81 ff. — *Müller* und *Pilzecker* (kurz *MuP*), Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis, 1900. — *Claparède,* Association des idées, 1903. — *Pohlmann,* Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis, 1906. — *E. Meumann,* Ökonomie und Technik des Gedächtnisses, [2]1908. — *Offner,* Das Gedächtnis, 1909. — *G. E. Müller,* Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufes I, 1911; III, 1913; II, 1917 (kurz *M*). — *E. L. Thorndike,* Educational psychology II, 1921.

Wir haben bisher die Empfindungen, Vorstellungen und Wahrnehmungen von beliebiger Art und Zusammensetzung immer nur in sich betrachtet. Nun wenden wir uns zur Erforschung des Grundes, warum grade diese und keine andern auftauchen. Für die Empfindungen ist das selbstverständlich. Sie sind die direkte Folge der äußern Reize, und der Grund ihrer Aufeinanderfolge liegt in der Aufeinanderfolge der Reize selbst. Dagegen zeigt die Aufeinanderfolge der Vorstellungen in einer Träumerei scheinbar die größte Zufälligkeit und Regellosigkeit. Man gerät da „vom Hundertsten ins Tausendste“. Und doch können wir nicht zweifeln, daß wenn wir vorläufig vom Willen absehen, auch hier strenge Gesetzmäßigkeit herrscht. Die scheinbare Zufälligkeit macht uns daran ebensowenig irre, wie die scheinbare Regellosigkeit des Wetters uns an den unabänderlichen Naturgesetzen zweifeln läßt, die es beherrschen. Diese Gesetze des Vorstellungsablaufes sind nun zu erforschen.

Erstes Kapitel.

Die Methodik zur Auffindung der Assoziationsgesetze.

§ 1. Die Möglichkeit einer Assoziationsmessung.

1. Die Assoziation und Reproduktion. Wir suchen die Bedingungen, von denen es abhängt, daß eine Erinnerung wieder in uns auftaucht, wie man sagt, „reproduziert wird“, also die Gesetze der Reproduktion der Vorstellungen. Mit einem solchen Gesetz will man sagen: Es besteht unter diesen Umständen eine Neigung für die Reproduktion dieser Vorstellung. Ob die Neigung Erfolg habe, hängt von vielen Umständen ab, die man im einzelnen nicht zum voraus übersehen kann.

Zu den allgemein anerkannten Gesetzen für die Reproduktion gehören nach der beständigen Erfahrung sicher folgende: a) Das Gesetz der Gleichzeitigkeit: Vorstellungen, die einmal gleichzeitig im Bewußtsein waren, haben eine Tendenz, sich gegenseitig zu wecken. Der Anblick einer leeren Wand läßt mich an das Bild denken, das ich oft daran hängen sah. b) Das Gesetz der Folge. Sind zwei Vorstellungen einmal kurz auf-

einander gefolgt, so ist eine Tendenz vorhanden, daß beim Gegenwärtigsein der ersten Vorstellung dazu aus innern Gründen die zweite sich einstellt. Sehe ich einen Blitz, so erwarte ich den Donner. Wollen wir eine Reihe Wörter aufsagen können, so sprechen wir sie öfters hintereinander aus; so erreichen wir, daß, wenn uns später der Anfang genannt wird, wir das Folgende frei hersagen können. Die Vorgänge mußten sich im Bewußtsein einmal irgendwie zeitlich berühren, um später einander wecken zu können. Was ganz vorüber ist, kann nicht mehr wirken.

Haben zwei Vorstellungen dieses Verhältnis zueinander, daß die eine (A) die andere (B) ins Bewußtsein rufen kann, so sagt man, die beiden Vorstellungen AB sind miteinander „assoziiert", es besteht zwischen ihnen eine Assoziation. Die Assoziation ist begrifflich der Grund, weshalb bei Gegenwart der Vorstellung A nun die Vorstellung B reproduziert werden kann. Sie ist bildlich gesprochen das Band, welches die Überbleibsel der Vorstellungen A und B aneinander knüpft. Ist dann A im Bewußtsein, so kann es gewissermaßen an diesem Band das B über die Schwelle ziehen. *Offner:* Die Assoziation ist die Disposition zur Weiterleitung der psychophysischen Erregung von einer Vorstellungsdisposition zu einer andern.

Das ist die berühmte „Ideenassoziation", besser Vorstellungsassoziation, auf welche die englischen Empiristen die Erklärung des ganzen Seelenlebens bauten. Das Wort Vorstellung nehmen wir hier übrigens in weiterem Sinne als Vertreter aller Seelenzustände, welche wegen früheren Zusammenbestehens im Bewußtsein einander reproduzieren können, mögen es auch Gefühle, Stimmungen usw. sein. So verstand es übrigens schon *Locke,* von dem das Wort „Ideenassoziation" stammt (*Warren*). Die Fähigkeit der Reproduktion nennt man auch häufig Gedächtnis und deshalb die Assoziationsgesetze Gedächtnisgesetze. Aber das eigentliche Gedächtnis schließt Wiedererkennen ein, das wir hier noch nicht beachten.

Die beiden Assoziations- oder Reproduktionsgesetze können wir nach *Ebbinghaus* in einem einzigen zusammenfassen, dem allgemeinen Assoziationsgesetz: Wenn beliebige seelische Gebilde einmal gleichzeitig oder in naher Aufeinanderfolge das Bewußtsein erfüllt haben, so ruft die Wiederkehr einiger Glieder des früheren Erlebnisses Vorstellungen auch der übrigen wach, ohne daß für sie die ursprünglichen Ursachen gegeben sein müssen. — Mit diesem allgemeinen Gesetz allein ist freilich für die Erklärung noch nicht viel geleistet. Da blieben für jedes Glied die unendlich vielen Folgeglieder zur Auswahl, die es je einmal gehabt hat. Zu einem tieferen Wissen kommen wir erst, wenn wir die verschiedenen Reproduktionsmöglichkeiten gegeneinander abwägen und eine als die hier bevorzugte begreifen können, kurz, wenn wir die Assoziationen ihrer Stärke nach beurteilen können. Die nächste Frage ist also, ob das möglich ist.

2. Die Möglichkeit einer quantitativen Assoziationsforschung. Die ältere empirische Psychologie kam nicht über gewisse allgemeine Gesetzmäßigkeiten hinaus: Das Gedächtnis hängt von der Zahl der Wiederholungen ab (repetitio est mater studiorum), von der Aufmerksamkeit, vom Interesse, ist in der Jugend besser als im Alter usw. Noch *Bain* würdigt in derart allgemeiner Weise als verschiedene Bedingungen des Behaltens: die Dauer oder Anzahl der Darbie-

tungen, die Spannung der Aufmerksamkeit. die selbst abhänge von Annehmlichkeit. Lebhaftigkeit usw., die individuelle Fähigkeit, die Gesundheit, Ernährung des Gehirns usw. Fragte man aber weiter: Nach welchem Gesetz steigt die Assoziationsstärke mit der Anzahl der Wiederholungen an? In welcher Weise hängt das Vergessen von der Zwischenzeit nach der letzten Wiederholung ab? Gilt da ein Gesetz der Proportionalität mit der Zeit oder welches andere? — so gab es keine Antwort. Die Fragen selbst haben offenbar einen verständlichen Sinn; aber man sieht zunächst keinen Weg, wie man ihrer Beantwortung nähertreten sollte.

Hier griff *Ebbinghaus* ein mit seiner experimentellen Untersuchung über das Gedächtnis, welche der Ausgangspunkt einer ganzen Literatur geworden ist. Seine Absicht war, auf dieses Gebiet die naturwissenschaftliche Methode zu übertragen. Um einen physikalischen Zusammenhang zu finden, geht man so voran: Man sucht die Bedingungen, die sich für das Zustandekommen eines gewissen Erfolges als maßgebend erwiesen haben, konstant zu erhalten, verändert unter ihnen eine einzige Bedingung gesondert von allen andern in einer meßbaren Weise und stellt auf der Seite des Erfolges die zugehörige Veränderung fest. Beim Lernen muß man also eine Bedingung meßbar ändern können und ebenso auf der Seite des Erfolges meßbare Wirkungen haben. Bei den Bedingungen macht das keine Schwierigkeit. Man kann die Wiederholungen zählen, welche man auf einen Lernstoff verwendet, die Zeit messen, welche vom Erlernen bis zum Hersagen verfließt, und vieles andere. Weniger auf der Hand liegend ist die Möglichkeit. die Wirkung, die augenblicklich bestehende Assoziationsstärke zu messen. Aber, wie noch zu zeigen, ist hier etwas Eindeutiges die Assoziationsstärke. die zum Ebenfreihersagen genügt, die Reproduktionszeit und noch manches andere, wie es die spezielle Methodik lehren wird.

Die einzelnen Werte, welche man bei solchen Versuchen erhält, weichen oft sehr stark voneinander ab. *Ebbinghaus* fragte sich, ob die aus ihnen gezogenen Mittelwerte verläßlich genug sind, um darauf Gesetze zu gründen. Bei der Nachprüfung einer Versuchsreihe, die sich über 84 Versuchstage erstreckte, fand er nun, daß die Abweichungen der einzelnen Werte vom Mittelwert fast ganz genau dem *Gauß*schen Fehlergesetz entsprachen und auch bei wesentlich kürzeren Reihen die Übereinstimmung noch groß genug war, um die Mittelwerte für die Feststellung von Gesetzen zu gebrauchen. Übrigens ist, wie spätere Forscher bemerkten (*G. E. Müller, Lehmann*), die Erfüllung dieser Bedingung für die Brauchbarkeit der Resultate nicht notwendig, ja für gewöhnlich nicht einmal zu erwarten. Beim Lernen kann durch ungünstige Umstände die Lernzeit sehr stark vergrößert, dagegen durch besonders günstige Umstände nur in geringerem Grade verkleinert werden. Deshalb besteht gewöhnlich nicht eine symmetrische Fehlerkurve, sondern Asymmetrie. Um sich also über die Brauchbarkeit der Resultate für bestimmte Vergleichungen ein Urteil zu bilden, muß man hier, wie sonst bei psychologischen Messungen neben dem Hauptwert noch das Streuungsmaß bestimmen.

Als H a u p t w e r t wird gewöhnlich das arithmetische Mittel oder der Zentralwert verwendet. Die „überhohen Werte" dürfen natürlich nicht gestrichen werden. Man kann sie gerade dadurch unschädlich machen, daß

man neben dem arithmetischen Mittel noch den Zentralwert berechnet. (Genaueres *MuS* § 19.) *Lehmann* empfiehlt die Berechnung des Dichtigkeitsmaximums nach den früher angegebenen Regeln (S. 477).

Als Streuungsmaß kann der wahrscheinliche Fehler dienen; doch setzt derselbe das *Gauß*sche Fehlergesetz als annähernd gültig voraus. Trifft das nicht zu, so gewinnt die Benutzung der Mittelwerte an Wahrscheinlichkeit, wenn eine Fraktionierung der Resultate in allen Teilgruppen dasselbe Resultat ergibt, wenn andere Versuchspersonen dasselbe Resultat erhalten, wenn die Differenz bei einer Steigerung der betreffenden Bedingung zunimmt usw. Den wahrscheinlichen Fehler kann man immerhin mitbenutzen. — Eine andere Berechnungsart verwendet die mittlere Variation (die man getrennt für die unteren und oberen Abweichungen berechnet) vom arithmetischen Mittel. — Hat man den Zentralwert berechnet, so kann man auch die beiden Nebenwerte bestimmen, die die oberen und unteren Abweichungen in zwei gleiche Gruppen teilen. Die Differenz dieser Nebenwerte vom Zentralwert kann als Streuungsmaß dienen. Dabei zeigt sich, daß die Streuung um so größer ist, je größer das arithmetische Mittel (*MuS* § 31).

3. Der Begriff der Assoziationsstärke. Ein Hauptobjekt der Gedächtnisexperimente ist die Festigkeit, die Stärke der Assoziation. Ihre gesetzmäßige Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen sucht man festzustellen. Schon eine einmalige Wiederholung der Vorstellungen *AB* bewirkt eine gewisse Neigung, daß sich bei Gegebensein des *A* das *B* von selbst anschließt. Manche Ereignisfolge kann man richtig wiedererzählen, wenn man sie nur einmal erlebt hat. Wird *AB* öfter wiederholt, so ist die Erinnerung leichter, die Stärke der Assoziation größer. Die Assoziationsstärke hat viele Ähnlichkeit mit den physikalischen Kräften. Auch die Kraft betrachtet die experimentelle Wissenschaft nicht als besondere Wesenheit, sondern eine anziehende Kraft bedeutet dem Physiker, daß bei Gegenwart eines Körpers in einem andern eine Beschleunigung in dessen Richtung zustande komme. Die Kraft ist ferner grundsätzlich meßbar; sie ändert sich gesetzmäßig nach den Umständen; wenn mehrere Kräfte zugleich wirken, dann ändert sich der Erfolg im Sinne eines bestimmten Gesetzes, z. B. nach dem Parallelogramm der Kräfte. Ganz Ähnliches gilt von der Reproduktionstendenz *AB*; sie besagt, daß bei Gegebensein des *A* eine Neigung zum Auftreten des *B* im Bewußtsein besteht; daß diese Neigung eine gewisse Intensität hat, z. B. um so stärker ist, je kürzer die Reproduktionszeit; daß sie gesetzmäßig von den Bedingungen abhängt; daß gleichzeitige Reproduktionstendenzen sich gegenseitig beeinflussen (*MuP* § 53).

Die Assoziation und ihre wechselnde Stärke ist nicht direkt wahrnehmbar. Sie kann bloß an einer Wirkung gemessen werden, von der man annehmen kann, daß sie ihr parallel geht. Solche Wirkungen bietet schon die gewöhnliche Erfahrung. Wurde eine Reihe sehr häufig gelesen, war also die Stärke der Assoziationen, welche die einzelnen Glieder aneinanderkettet, sehr groß, so kann sie bei späterer Prüfung schnell und fehlerfrei hergesagt werden. War die Einprägung und deshalb die Assoziationsstärke weniger fest, so gelingt nach gleicher Zwischenzeit die Hersagung vielleicht auch noch, aber weniger schnell und nur, wenn keine Störung

stattfindet. Für die „überwertigen Assoziationen", d. h. solche, bei denen ein freies Hersagen noch möglich ist, kann also die Schnelligkeit der Reproduktion als Maß der Assoziationsstärke betrachtet werden. Eine andere Tatsache, die man benutzen kann, ist, daß eine stärkere Assoziation länger überwertig bleibt, eine größere Widerstandskraft gegen das Vergessen besitzt. Man kann also die Assoziationsstärke auch durch die Zeitlänge messen, während der sie noch ein freies Hersagen erlaubt. Wenn die Assoziation unterwertig ist, d. h. zur Reproduktion nicht mehr reicht, so hilft das Ersparnisprinzip: Eine unterwertige Assoziation ist um so stärker, je weniger Wiederholungen genügen, um sie eben überwertig zu machen, je größer die Ersparnis an Wiederholungen gegenüber der Erlernung eines gleichwertigen, ganz neuen Stoffes ist. Auch die Bekanntheitsqualität kann man als ein gewisses Maß der Stärke heranziehen.

Alle diese Messungen liefern kein absolutes Maß der Assoziationsstärke; die Maßzahlen der Reproduktionszeiten, der Dauer des Behaltens usw. sind der Stärke der Dispositionen nicht direkt proportional. Die Hersagezeit kann ja nicht unter einen gewissen Mindestwert sinken, wenn die Assoziationsstärke auch noch so sehr gesteigert wird. Diese Messungen liefern also nur eine relative Ordnung der Dispositionsstärken (*Jesinghaus*). Die Frage nach dem Wesen der Assoziation und ihrer Stärke lassen wir einstweilen dahingestellt. Die pathologischen Erfahrungen werden uns später noch wichtiges Material dafür beibringen (6. Abschnitt). Für die Aufsuchung der Gesetze genügt die Kennzeichnung der Assoziationsstärke durch ihre Wirkungen, wie eben beschrieben.

§ 2. Die einzelnen Methoden zur Erforschung der Assoziationsstärke.

A. Aufführung der Methoden.

Ein grundlegender Gegensatz ist der, ob man die bereits vorliegenden, im früheren Leben gestifteten Assoziationen benutzt, oder durch eigene Versuche bestimmte neue Assoziationen erst herstellt. Das erstere geschieht in den Assoziationsreaktionen: man ruft etwa ein Wort zu und läßt die Versuchsperson die erste Vorstellung nennen, die sich ihr daran anschließend gebildet hat. So versuchte man aus den Reproduktionszeiten Schlüsse zu ziehen usw., wie wir im vierten Kapitel sehen werden. Ein Nachteil dieser Methode ist, daß man mit Assoziationen arbeitet, deren Entstehen nicht bekannt ist, die je nach den früheren Erfahrungen individuell die verschiedenste Stärke haben können. Durchsichtiger ist das zweite Verfahren, die Assoziationen durch das Experiment selbst in genau bestimmbarer Weise herzustellen. Hierüber handeln wir vorläufig allein. Man kann dabei verschiedene Methoden unterscheiden. (Man beachte, daß das volle Verständnis der folgenden Methodik eigentlich schon die Kenntnis der nächsten Kapitel voraussetzt.)

1. Die Erlernungsmethode, die von *Ebbinghaus* stammt. Es wird ein meßbares, gleichmäßiges Material erlernt, immer bis zum freien Hersagen, und aus der Verschiedenheit der dazu notwendigen Wiederholungen auf die Bedeutung der Bedingungen für das Erlernen geschlossen. Am direktesten ergibt das

a) die Methode der unmittelbaren Erlernung. Will man wissen, ob man schneller zum Ziele kommt, wenn die zu erlernende Silbenreihe jambisch oder daktylisch gelesen wird, so genügt es, eine gleich große Zahl von Reihen in den beiden Rhythmen lernen zu lassen. Dann wird der Durch-

schnitt der Wiederholungszahl (unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Fehlers) zeigen, ob eine der beiden Arten einen ausgesprochenen Vorzug besitzt. Ähnlich läßt sich entscheiden, wie sich die Lernzeit ändert, wenn die Länge der zu lernenden Reihe wächst usw.

b) Das Ersparnisverfahren. Ist die Assoziationsstärke zum freien Hersagen nicht mehr genügend, so kann man diese unterwertige Assoziation dadurch messen, daß man sie durch eine Anzahl neuer Wiederholungen wieder bis zum freien Hersagen hebt. Je höher die Assoziationsstärke vorher war, desto weniger neue Wiederholungen werden zu diesem Ziel nötig sein, desto größer ist mithin die Ersparnis gegenüber der Zahl Wiederholungen, welche das erste Erlernen fordert. Wäre gar nichts mehr von der Assoziationsstärke vorhanden, so wäre die Ersparnis auch Null, es brauchte die ganze ursprüngliche Lernzeit; wäre im Gegenteil die Assoziationsstärke noch zum freien Hersagen genügend, so brauchte es gar keine neue Wiederholung, die Ersparnis wäre die größtmögliche. Also zwischen beiden Grenzen wird die Größe der Ersparnis mit der der Assoziationsstärke einigermaßen parallel gehen. Für die graphische Darstellung setzt man einfache Proportionalität an. Genau ist das nicht, denn die einzelnen Wiederholungen brauchen nicht das Gleiche an Stärkung der Assoziation zu leisten.

Ein Beispiel der Methode gibt das Sinken der Assoziationsstärke im Laufe der Zeit. Brauchte die Reihe zum ersten Erlernen etwa im Durchschnitt 16 Wiederholungen, so sind vielleicht nach einem Tage Zwischenraum 6 neue Wiederholungen nötig zum Wiederfreihersagen (also Ersparnis 10); nach zwei Tagen würde eine gleiche Reihe etwa 8 nötig haben (Ersparnis 8); nach drei Tagen 9 (Ersparnis 7) usw.; die Reihenfolge der Ersparnisse (16, 10, 8, 7 usw.) gibt also ein Bild von der allmählich sinkenden Assoziationsstärke eines sich selbst überlassenen Lernstoffes.

Mit diesen einfachen Methoden erledigte *Ebbinghaus* eine große Menge Einzelfragen. *G. E. Müller* gestaltete die Methoden noch beweiskräftiger; er führte Vergleichsreihen ein, welche mit den Hauptreihen vermischt in allen sonstigen Bedingungen diesen völlig gleich waren und nur in der einen zu prüfenden Bedingung sich von ihnen unterschieden.

2. Die Treffermethode, aufgestellt von *G. E. Müller.* Man läßt Silbenreihen eine bestimmte Anzahl von Malen lesen, nicht notwendig bis zum Auswendighersagen, und zwar in trochäischem Rhythmus. Nach einer veränderlichen Zwischenzeit kommt die Prüfung: es werden verschiedene der betonten Silben in buntem Wechsel vorgezeigt mit der Aufforderung, die darauffolgende Silbe zu nennen. Das wird bisweilen richtig geschehen, bisweilen falsch, bisweilen ohne Antwort bleiben. Aus einer großen Anzahl Versuche ergibt sich dann die relative Trefferzahl $\frac{r}{n}$ (wo r die Zahl der richtigen, n die aller Fälle). Die Größe der Trefferzahl ist ein Maß für die durchschnittliche Stärke der Assoziation. Je schwächer sie ist, desto seltener wird richtig geantwortet werden, desto kleiner ist dieser Bruch. — Mit dieser Methode lassen sich alle vorher aufgestellten Fragen auch beantworten. Eine Ergänzung zu dieser Methode ist

die Bestimmung der Trefferzeit: Man mißt bei der Prüfung zugleich die Zeit von der Vorführung einer Silbe bis zum Aussprechen der dazu

gehörigen zweiten Silbe. Das kann leicht durch ein Chronoskop geschehen, dessen Zeigerwerk durch Vorführung der ersten Silbe ausgelöst und durch die Bewegung beim Aussprechen der zweiten Silbe angehalten wird. Die Reproduktionszeit ist im Durchschnitt größer, wenn die Assoziation schwächer ist (wobei aber keine strenge Proportionalität besteht). Während die Trefferzahl nicht die einzelnen Dispositionen mißt, sondern nur die mittlere Dispositionsstärke der ganzen Reihe, gibt die Trefferzeit auch ein Maß für die Stärke der einzelnen Disposition, wenigstens der überwertigen. Die Trefferzeit ist nicht die genaue Assoziationszeit; es steckt darin noch die Erkennungszeit der gebotenen Silbe, die Zeit von der Reproduktion bis zum Aussprechen usw. Aber da es sich bei den Gedächtnisexperimenten nur um relative Bestimmungen handelt, kann man sich mit den rohen Trefferzeiten begnügen.

Vergleich der beiden Hauptmethoden. Die Größen, die in Betracht kommen, sind vier: durchschnittliche Wiederholungszahl und Ersparniswert, relative Trefferzahl und mittlere Trefferzeit. a) Die erste Methode stellt größere Anforderungen an die Aufmerksamkeit; bei deren Versagen treten leicht überhohe Werte ein. Ferner mißt die Erlernung nicht eigentlich die Stärke der Dispositionen, sondern die Schnelligkeit ihrer Bildung. — Im Punkte des Ebenhersagenkönnens ferner ist die mittlere Assoziationsstärke nicht immer gleich hoch. Dieser Punkt hängt davon ab, wann die schwächsten Assoziationen der Reihe eben hinreichend sind, wobei die übrigen diesem Niveau sehr verschieden nahe sein können. — Die Bestimmung der Ersparnis verändert durch die neuen Wiederholungen die unterwertigen Assoziationen. Dabei hängt dann das Resultat nicht bloß von der Ausgangsassoziation ab, sondern auch von dem Einprägungswert, der selbst von anderem abhängt, wie von dem Alter der Assoziation, der Zahl der beim Lernen gebildeten Hilfen usw.

b) Die Werte der Treffermethode hängen nicht bloß von der Assoziationsstärke ab, sondern zugleich von der Perseverationstendenz (worüber später); auf die Verschiedenheit der Assoziation kann man also nur schließen, wenn man die Mitwirkung der Perseverationstendenzen ausschließen kann, etwa weil sie nach längerer Zwischenzeit nur sehr gering ist oder in entgegengesetzter Richtung wirkt. Aus diesem Grunde geben junge (d. h. vor kurzem gelernte) Silbenreihen bei gleicher Trefferzahl kürzere Zeiten. — Eine gleiche Zunahme der mittleren Assoziationsstärke kann eine sehr verschiedene Zunahme des r zur Folge haben, je nach dem Wert, den r schon vorher hatte. Der Vorteil der Methode ist, daß sie weniger anstrengend ist, weil nicht auswendig gelernt werden muß. Sie liefert auch mehr Auskunft durch die Trefferzeit, die Untersuchung der falschen Fälle. Eine zwölfsilbige Reihe umfaßt sechs Vorzeigungen, dagegen nur eine Wiederholungszahl. Die Methode ist empfindlicher. — *H. D. Williams* (AmJPs 29 [1918]) bestimmt entsprechend der Empfindungsschwelle eine Gedächtnisschwelle, als den Punkt, der bei einer größeren Zahl von Prüfungen ebensooft überschritten wie nicht erreicht wird, dem also bei der Treffermethode $r = 1/2$ entspricht. Bei sinnlosen Silben erwiesen sich übrigens diese Ergebnisse nicht so befriedigend wie bei den Gewichtsversuchen; vielleicht weil die aufeinanderfolgenden Wiederholungen nicht gleich wirksam sind, sondern nach einem unbekannten Gesetz abnehmen.

Nach dem Gesagten versteht man, daß die Resultate beider Methoden nicht immer vergleichbar sind, daß sie entgegengesetzte Resultate liefern können, wie bei verschiedenem Alter der Assoziationen: die Trefferzahl hängt eben bloß von der Zahl der eben überwertigen Assoziationen ab, der Ersparniswert auch von dem

Verteilungsgesetz der eben unterwertigen Assoziationen, davon, ob sie der Schwelle näher oder ferner sind (*MuP* § 53).

3. Die Methode der behaltenen Glieder und die der Hilfen. Bei der ersteren braucht ebenfalls die Reihe nicht gelernt zu werden, sondern es genügt eine beliebig gewählte Anzahl Lesungen. Zur Prüfung muß nach einer bestimmten Zwischenzeit angegeben werden, was man noch von der Reihe weiß. Es kann dabei auch die dazu erforderliche Zeit gemessen werden. Nach *Pohlmann* (§ 4—10) läßt man die Reihenfolge des Hersagens oder Niederschreibens am besten frei. Bei der Auswertung des so gewonnenen Materials kann Verschiedenes berücksichtigt werden, die Zahl der richtigen Fälle, die falschen Fälle nach der Verschiedenheit der vorkommenden Fehler, ob Vertauschung, Auslassung, Umstellung usw.

Vorteile der Methode: Jede Reihe liefert selbst bei einmaliger Vorführung eine Mehrzahl von Resultaten. Man kann hier leicht Massenversuche anstellen, wobei in kurzer Zeit ein großes Material gewonnen wird. Der Einfluß der Übung und Gewöhnung ist dann nicht groß, weil die Gesamtzahl der Versuche für jede Versuchsperson gering ist. Auch ist die Methode für die Versuchspersonen am angenehmsten. Die Ermüdung ist hier ausgeschlossen. Es lassen sich danach Versuche mit den einfachsten Mitteln anstellen. — Nachteile der Methode: sie kann nicht zur näheren Untersuchung der Assoziationen dienen, wie die andern Methoden. Es kommen starke Perseverationstendenzen und Stellenassoziationen in Betracht (worüber später). Wird nach der Reproduktion der behaltenen Glieder mit der Methode der Hilfen nachgeprüft, so zeigt sich immer, daß der Reproduktionswert noch steigt.

Bei der Methode der Hilfen läßt man eine unvollkommen gelernte Reihe hersagen, wobei der Versuchsleiter an den Stellen, wo Stocken eintritt, sofort oder nach einer vorgeschriebenen Zeit die nächste Silbe angibt. Die Zahl dieser Hilfen wird für die verschiedenen Versuchsbedingungen bestimmt und verglichen. Die Prüfung ist aber nur kurz nach dem Erlernen anwendbar. Die Methode gibt alle schwachen Assoziationen der Reihe an; schwächere Assoziationen bedürfen bei einander folgenden Wiederholungen immer wieder der Hilfen.

4. Die Methode der Ordnung, angewandt von *Münsterberg, Bigham*. Man bietet die Elemente der früher gelesenen Reihe in regelloser Anordnung und läßt die ursprüngliche Ordnung daraus herstellen. Jedes Glied an seinem rechten Ort ist dann ein Treffer. Die Methode prüft mithin die Stellenassoziationen. Die Resultate sind relativ unabhängig davon, ob die zentralen Vorgänge noch fortdauern (im Gegensatz zur Treffer- und Hilfenmethode).

5. Die Wiedererkennungsmethode. Das Bekanntheitsgefühl ist das erste Anzeichen für das Vorhandensein einer Disposition. Nach *Binet* und *Henri* wurden von 49 Wörtern unter gleichen Umständen nur 16 frei wiederholt, dagegen 43 wiedererkannt. Es werden hier Reihen vorgeführt, die teilweise aus früher dagewesenen zusammengesetzt sind, und bei denen gefragt wird, was man wiedererkennt. Je stärker die Assoziationen noch sind, desto mehr Glieder machen den Eindruck der Bekanntheit. Das Verhältnis der richtig wiedererkannten zu allen geprüften Reihengliedern mißt

die Stärke der Assoziationen. Auch die weitere Abstufung der Gefühle der Sicherheit und Leichtigkeit kann ein Merkmal für die Dispositionsstärke sein. — *Reuther* (PsSd 1 u. 2) hat daraus eine Methode „der identischen Glieder" ausgebildet, indem er die betreffenden Reihen ganz übereinstimmen läßt. Damit nicht leichtfertig Bekanntheit geurteilt wird, kann man Vexierreihen einschalten, welche die Gewissenhaftigkeit zu prüfen gestatten.

Jesinghaus (PsSd 7 [1912] 377 ff.) vergleicht diese Methode mit den andern Hauptmethoden, indem er bei den verschiedensten Versuchen jede derselben mit der Wiedererkennungsprüfung verband. Es wurden z. B. nach der Trefferprüfung nochmals sämtliche Glieder dieser Reihe auf ihre Bekanntheit untersucht. Es fand sich ein guter Parallelismus der Resultate der Methoden. Das Wachsen der Ersparnis und die Menge der wiedererkannten Glieder gehen parallel; ebenso die Anzahl der behaltenen Glieder mit der Zahl der bekannt erscheinenden sowie auch mit der Zahl der stark bekannt erscheinenden Glieder. Eine größere Zahl Fehler trifft mit einer weniger großen Bekanntheit zusammen. Weiter bestand Parallelismus zwischen der Trefferzahl und der Bekanntheit des zweiten Taktgliedes sowie auch mit dem Beziehungsgefühl der beiden Glieder aufeinander. Man kann übrigens eine Erinnerung an die einzelnen Taktteile haben, ohne daß ihre Zusammengehörigkeit bekannt erscheint. Auch Trefferzeiten und Bekanntheiten stimmten gut überein, und beide gingen der Stärke des Sicherheitsgefühls ziemlich parallel.

Merkwürdig war, daß die Wiedererkennungsprüfung durchgehends kleinere Streuung zeigte, also konstantere Werte, als die drei mit ihr verglichenen Hauptmethoden, vielleicht weil die Prozesse bei der ersteren passiver sind. Da auch die Schwelle bei ihr tiefer liegt als bei den Reproduktionsmethoden, kann sie schon schwächere Dispositionen nachweisen, gibt feinere Unterschiede an, auch im unterschwelligen Gebiet. Am besten ist nach *Jesinghaus* die Verbindung einer der andern Methoden mit der Wiedererkennungsprüfung. — Gegenüber diesem Parallelismus ist es auffallend, daß *R. Heine* auf einem andern Forschungsgebiet den Zusammenhang des Wiedererkennens mit der assoziativen Fähigkeit leugnet (wie wir sehen werden). Wie sich diese Resultate mit denen von *Jesinghaus* vereinigen lassen, ist noch nicht gezeigt worden.

Eine Anwendung der Wiedererkennungsmethode sind auch die Vergleichungsmethoden für nacheinander dargebotene Reize bei verschiedenen Zwischenzeiten. Es ist da bei einem neuen Eindruck anzugeben, ob er dem ursprünglichen gleich ist, oder es ist aus verschiedenen zugleich dargebotenen Eindrücken der früher dagewesene herauszufinden.

6. Die Worterkennungsmethode, wodurch unterwertige Assoziationen festgestellt werden können, ohne sie zu verändern (*Ohms* in ZPs 56 [1910]). Eine unterwertige Assoziation *a-b* wird sich dadurch verraten, daß bei späterer kürzester Darbietung das *b* leichter erkannt wird, wenn man *a* unmittelbar vorher zeigt und dadurch *b* wieder in Bereitschaft gesetzt hat, als wenn *a* nicht dargeboten wurde. In der Tat ergibt der Versuch einen quantitativen Vorteil. Dagegen war keine Überlegenheit in den Trefferzeiten nachzuweisen. Der Unterschied wird deutlicher, wenn die Worterkennung nicht sofort nach dem Lernen, sondern nach längerer Zwischenzeit geprüft wird. Sonst übertönt die Perseveration zu sehr die Wirkung der assoziativen Bereitschaft. Die Methode läßt sich auf die Pathologie übertragen, um z. B. bei einer Aphasie zu erforschen, ob wenigstens noch unterwertige Assoziationen vorhanden sind.

B. Geben die besprochenen Methoden wirklich elementare Assoziationsgesetze?

Die Untersuchungen nach den vorigen Methoden lassen die Vorgänge beim Lernen und Hersagen absichtlich einfacher erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Man stellt die Sache schematisch so dar, daß beim Ablesen einer Wortreihe die Assoziation von jedem Glied zum nächsten, die Hauptassoziation, gebildet wird, entsprechend dem allgemeinen Assoziationsgesetz, und daß sie durch die folgenden Wiederholungen so lange verstärkt wird, bis eben jedes Wort das nächste ins Bewußtsein zieht: der Augenblick des freien Hersagens. Beim Hersagen denkt man sich die Vorstellungen etwa so durch das Bewußtsein ziehen, wie beim Lesen die Empfindungen: das Kettenschema der Assoziationen. Das ist aber nur eine Vereinfachung, welche die Rolle des Willens beim Einprägen und bei der Überwachung des richtigen Hersagens zunächst nicht berücksichtigt.

Poppelreuter (ZPs 61 [1912] 1 ff) geht noch weiter und behauptet, daß die bekannten Gedächtnismethoden überhaupt keine elementaren Assoziationsgesetze liefern, sondern nur Gesetze des mit Willen und Überlegung arbeitenden höheren Gedächtnisses. Er fand einen großen Unterschied zwischen dem gewollten Einprägen und dem bloßen aufmerksamen Lesen einer Silbenreihe. Bei ersterem werde die Aussprache akzentuiert, die Betonung rhythmisch, die Mimik gespannt. Es werden Hilfen gebildet, versuchsweise hergesagt, der Einprägungswille ist oft bemerkbar. Man kann 50mal Silben lesen, ohne viel zu behalten, während beim Lernenwollen vielleicht 10 Lesungen genügen. Noch einflußreicher ist die Beteiligung des Willens beim Hersagen. Da besinnt man sich, nennt eine Silbe nur nach vorangehendem Richtigkeitsurteil. Um die elementaren Gesetze zu finden, müßte man den Willen ausschließen, statt der gebundenen Instruktion (die taktrichtige Silbe zn nennen) eine freie Instruktion erteilen (die erste auftauchende Silbe zu nennen). Im ersteren Falle ergaben sich dreimal soviel taktrichtige Silben als im letzteren. Mithin mißt die gewöhnliche Trefferprüfung sicher nicht die bloße Assoziationswirkung. In eigenen Versuchen sagte nur ein Lerner unter vier die Silben automatisch her, und es trat bei ihm das Richtigkeitsbewußtsein erst nachher ein. Die gewöhnlichen Versuche beweisen also nicht, daß die Assoziation von jedem Glied zum nächsten die stärkste, die wahre Hauptassoziation ist. Das stände erst fest, wenn sie auch bei freier Instruktion vorwiegend geweckt würde. Durch seine Versuche kommt *Poppelreuter* zu folgender Anschauung von der elementaren Assoziation. Die Reproduktion ahmt nicht die ursprüngliche Empfindung mit ihrer sofortigen Ablösung durch eine andere nach, sondern vielmehr den nach der Empfindung noch eine kurze Zeit im Bewußtsein verbleibenden Inhalt, das „Sekundärerlebnis", das primäre Gedächtnisbild. Darin ist die Aufeinanderfolge der eben abgelaufenen Reihe gleichzeitig gegenwärtig, bildet eine Einheit. Wird später ein Teil dieser Gesamtvorstellung wiedererlebt, so geht die Reproduktionstendenz auf die ganze Einheit. Erinnert man sich etwa an eine Erzählung, so kommt diese nicht nacheinander, sondern zunächst als Gesamterlebnis. Aus dieser anfänglichen unklaren Gesamtvorstellung entwickeln sich dann die einzelnen Glieder oft in anderer Ordnung als früher und bleiben darauf noch länger im Bewußtsein nebeneinander bestehen. Bei Versuchen, wo in einer Reihe sinnloser Silben auch sinnvolle eingestreut waren, wurden die letzteren bei der Reproduktion bevorzugt. Von dieser Entwicklung der Klarheit der Reihe ist das Aussprechen der Glieder, das motorische Element zu unterscheiden: dabei hilft eine besondere motorische Einstellung mit, was die Neigung zum Aussprechen in der ursprünglichen Reihenfolge erklärt.

Was zunächst die Rolle des Willens beim Lernen angeht, so will diese Kritik nicht leugnen, daß die aufgefundenen Assoziationsgesetze wenigstens unter Einbeziehung des Willens richtig sind. Damit wird aber anerkannt, was für das Leben

die Hauptsache ist: Für die möglichst leichte Reproduktion der richtigen Reihenfolge ist der auf die unmittelbaren Assoziationen gerichtete Einprägungswille durchaus am Platze. Zu diesem Zwecke sind es die wahren Hauptassoziationen. Zur theoretischen Frage, ob die experimentell gewonnenen Gesetze elementare Gesetze der Assoziationen oder bloße Kunstprodukte sind, ist zu sagen: Zweifellos spielt bei diesen Versuchen der Wille eine große Rolle; er schließt Störungen aus, richtet die Aufmerksamkeit in passender Weise, befördert die für das richtige Hersagen wichtigsten Assoziationen. Aber auch die Instruktion des aufmerksamen Lesens bei *Poppelreuter* schließt willkürlich vieles aus, was bei passivem Verhalten eingetreten wäre. Will man überhaupt keine Willensbeteiligung mehr, so muß man auf jede Instruktion, ja jedes Experiment verzichten. Was aber die Hauptsache ist: Wie bei den sonstigen planvollen Beobachtungen und experimentellen Eingriffen in Naturobjekte sehr wohl die natürlichen Zusammenhänge erforscht werden können, die Abhängigkeit ihrer Leistungen von den verschiedenen Bedingungen, ebenso kann das planmäßige Lernen die natürliche und deshalb elementare Abhängigkeit der Assoziationsstärke von ihren Bedingungen klarlegen. So wird vermutlich die Assoziationsstärke eines mechanisch eingeprägten und sich selbst überlassenen Gedächtnisstoffes in gleicher Weise mit der Zeit abfallen, ob die Assoziation in einer absichtlichen oder zufälligen Weise gestiftet war. Es bleibt im einzelnen Falle zu untersuchen, ob die Willensbeteiligung beim Lernen die zu untersuchende Abhängigkeit ändert oder nicht.

Begründeter ist der Einwand, daß die richtige Antwort bei der Prüfung nicht einzig auf der Reihenfolge der auftauchenden Vorstellungen beruht, also auf der Assoziationsstärke, sondern durch Willenseinstellung stark verändert wird. Richtig ist, daß die Glieder oft in anderer Reihenfolge auftauchen, daß sie nachher gleichzeitig im Bewußtsein verweilen und erst nach Überlegung aus ihnen die richtige ausgewählt wird. Anderseits beweisen die Grenzfälle des automatischen Hersagens doch die Stärke der unmittelbaren Assoziationen, und jedes mechanische Lernen nähert sich dieser Grenze an. Auch *Kurt Lewin* (PsFo 1 [1921]) widerlegt die Anschauung, daß die Glieder einer besonders stark eingeprägten Reihe unter allen Umständen eine starke Neigung zur gegenseitigen Reproduktion zeigen müssen. In eigenen Versuchen war eine Silbenreihe gegen 300mal wiederholt worden; wurden daraus Silben geboten, mit dem Auftrag, darauf einen Reim zu bilden, so trat nicht die erwartete Hemmung vonseiten der nachfolgenden Silbe ein, sondern es konnte die vorgeschriebene Tätigkeit ebenso leicht ausgeführt werden wie mit neuen Silben. Auch wenn die Instruktion gegeben war, die erste von selbst einfallende Silbe zu nennen, trat häufig nicht die stark assoziierte nächste Silbe ein. Die starke Assoziation zwischen zwei Gliedern A und B genügt also nicht unter allen Umständen, daß auf A das B sich einstelle, sondern dafür müssen noch weitere Bedingungen erfüllt sein, die die Assoziationsforschung allmählich immer genauer feststellen muß.

§ 3. Die Ausführung der Versuche.

1. Das Lernmaterial muß möglichst gleichmäßig sein, so daß es seiner Quantität nach gemessen werden kann; es muß möglichst wenige Assoziationen aus dem früheren Leben besitzen oder wenigstens immer solche gleicher Art. *Ebbinghaus* versuchte es zuerst mit Gedichtstrophen, die gleich lang und gleich gebaut waren. Indessen zeigte sich ihr Inhalt doch als zu verschieden. Das veranlaßte ihn, ein eigenes künstliches Lernmaterial zu verwenden, nämlich sinnlose Silben von gleichem Bau. Jede Silbe besteht aus Anfangskonsonanten, Vokal und Endkonsonant. Nach dieser Vorschrift lassen sich mehrere tausend Silben bilden, die man zu Silbenreihen gleicher Länge vereinigen kann. *G. E. Müller*

bildete das System weiter aus. Für eine Normalreihe verlangte er, daß bei benachbarten Silben keine Alliteration vorkomme, kein Reim, nicht der gleiche Vokal, daß nicht Anfangs- und Endkonsonant eines ganzen Taktes oder der Endkonsonant einer Silbe und der Anfangskonsonant der nächsten gleich seien, daß nicht zwei aufeinanderfolgende Silben miteinander ein sinnvolles Wort ausmachen. Es muß ferner gesorgt werden, daß nicht dieselbe Silbe an einem der nächsten Tage wiederkehre. Übrigens ist die Gleichmäßigkeit dieser Silben doch nicht so vollkommen, wie sie zunächst erscheinen könnte; die Leichtigkeit der verschiedenen Buchstabenverbindungen ist wegen des Einflusses der Muttersprache verschieden.

Über die Brauchbarkeit verschiedenen Lernmaterials fand *Pohlmann* bei Massenversuchen mit Schülern: Am wenigsten wurden die sinnlosen Silben behalten (unter seinen Bedingungen etwa 35 %); ihnen gegenüber sind die Schüler anfangs ratlos, was sich mit der Übung etwas bessert; auch bestehen hier am wenigsten Hilfen; besser standen die zweistelligen Zahlen (etwa 63 %), die ziemlich frei von Assoziationen sind; noch besser die Anschauungsgegenstände (70 %), nur ist hier Gleichartigkeit schwer zu erreichen; am besten die einzelnen Konsonanten (75 %); eine Fehlerquelle ist hier, daß sie leicht zu einem Wort zusammengefaßt werden, wodurch sie dann unverhältnismäßig leichter werden. Wenn man sich auf ein bestimmtes Material beschränken muß, sind für einzelne Versuche nach ihm die Silben am besten, da man solcher beliebig viele erhalten kann. Für Massenversuche sind nächst den Silben auch Zahlen, Wörter und etwa Konsonanten brauchbar. — *Ephrussi* fand auch Vokabeln fremder Sprachen sehr günstig, welche mit dem zugehörigen deutschen Worte vereinigt und gelernt werden (das sinnschaffende Material). Wegen des Interesses ist dann die Leistungsfähigkeit erhöht. — *G. E. Müller* (*M* § 102): Die Untersuchungen des Lernens von sinnvollem Material zeigten, wie richtig man in der Psychologie des Gedächtnisses mit einfacherem Material, mit sinnlosen Silben usw. beginnt. Da treten die Eigentümlichkeiten des Lernens und Hersagens, die Komplexbildung, Lokalisation, die verschiedenen Typen viel schärfer hervor.

2. Das Versuchsverfahren. *Ebbinghaus* führte seine Versuche allein aus. So vorzüglich sich das in diesem einen Falle bewährt hat, kann man es doch für gewöhnlich nicht empfehlen. Man muß die Ergebnisse verschiedener Versuchspersonen vergleichen können. Auch ist es immer empfehlenswert, daß die Versuche unwissentlich bleiben. Deshalb wird fast allgemein eine Trennung von Versuchsleiter und Versuchsperson bevorzugt.

Die Reihen bei *Ebbinghaus* wurden einfach von einem Blatt Papier abgelesen. Da hier keine Sicherheit besteht, daß die aufeinanderfolgenden Silben bloß in einer bestimmten Reihenfolge zum Bewußtsein kommen und nicht der Blick bisweilen in andern Richtungen wandere, ist es besser, einen Rotationsapparat zu verwenden, der die Silben bloß nacheinander ablesen läßt. Ebenso müssen die Reihen in einem vorgeschriebenen Tempo gelesen werden, was wieder durch Ablesen von einer sich drehenden Trommel leicht zu erreichen ist, und in einem vorgeschriebenen Rhythmus (iambisch oder trochäisch usw.). Ein einfacher Apparat dafür ist das Mnemometer von *Ranschburg* (Fig. 63, S. 530): Die in 60 Felder eingeteilte Reizkarte wird durch einen Elektromagneten sprungweise weiterbewegt und bleibt dazwischen eine bestimmte Zeit lang ruhig stehen: dann erscheint jedesmal nur ein Wort hinter einem Schlitz und kann gelesen werden. Die Dauer der Darbietung eines Wortes kann durch ein Metronom nach Belieben verändert werden. Die Pausen müssen so angebracht sein, daß die Versuchsperson nie stark ermüdet wird, um die überhohen Werte zu vermeiden. Wenn die Versuchsperson die Reihe genügend zu wissen glaubt, macht sie einen Hersageversuch, indem sie die jeweils folgende Silbe nennt, bevor sie auf der Trommel gesehen werden kann; stockt das Hersagen, so kommt die Silbe von selbst und wird dann abgelesen; dieser Versuch

gilt dann als einfache Lesung. Weiter muß man sorgen, die äußern Umstände möglichst gleichmäßig zu gestalten; subjektiv die Absicht festhalten, möglichst schnell zu lernen; immer zur selben Tageszeit usw.

Nagel befürwortet ein freieres Lernverfahren mit Vermeidung von Gedächtnisapparaten. Die Silben waren auf einem Papier untereinander geschrieben. Die Versuchsperson verschiebt darüber einen Spalt, so daß immer nur eine Zeile gelesen werden kann. Das Lerntempo wurde frei gelassen; es begann gewöhnlich langsam und wurde später schneller. Die Versuchspersonen fanden von selbst den ihnen passenden Rhythmus heraus; sie erkannten bald den Nutzen der Gruppenbildung. Die beginnende Ermüdung läßt sich an der schwebenden Betonung mit gleicher Tonhöhe erkennen. Bei diesem freien Verfahren war der Arbeitsaufwand um die Hälfte kleiner als beim Lesen an einem Apparat; dabei waren die Schwankungen weit weniger groß. Das Lernen wurde als angenehm bezeichnet, besonders weil das Lerntempo nach Bedürfnis beschleunigt werden konnte. Natürlich müssen dann die Lesezeiten der einzelnen Wiederholungen beobachtet werden. Dieses Verfahren

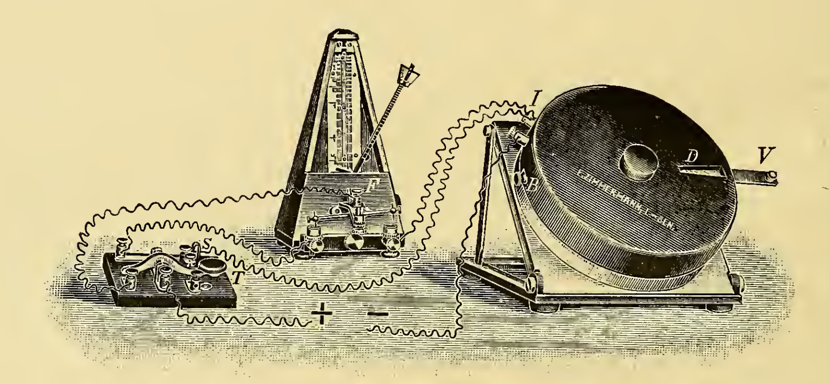


Fig. 63. Mnemometer von *Ranschburg*. Bei jeder Schwingung des Metronoms wird die Scheibe um ein Feld weitergedreht und bietet das nächste Wort zum Lesen.

kann allerdings manche elementare Abhängigkeiten nicht prüfen, deren Feststellung andere Methoden voraussetzt. Die genaueren Vorschriften für die einzelnen Methoden geben die anfangs erwähnten Lehrbücher (*MuP* § 1—3; *Pohlmann* Kap. 1).

3. Die Zeitlage. Werden mehrere Reihen nacheinander gelernt, so sind sie nicht gleichgestellt; sondern haben verschiedene Zeitlage. *Ebbinghaus* fand, daß im Durchschnitt das Mittel der ersten Reihe tief unter dem Gesamtmittel anfing, dann bei den zweiten Reihen sehr hoch über das Mittel stieg, darauf hin und her schwankte. Die Ursachen können verschiedene sein: a) Die Ermüdung, die gewöhnlich immer mehr zunimmt. b) Die Schwankung der Aufmerksamkeit. Bei einigen wächst die Aufmerksamkeit immer mehr an; sie kommen erst allmählich in Zug. Bei andern ist es umgekehrt. c) Bei denen, welche stark unter wachsender Ermüdung leiden, wird meist die letzte Reihe wieder viel besser gelernt, wegen der Freude über den Schluß. Welche dieser Bedingungen vorherrscht, hängt von der Anlage der Versuche, von der Größe der eingelegten Pausen usw. ab. Diese Verschiedenheit der Zeitlage muß man beachten, wenn man verschiedene Versuchsumstände miteinander vergleichen will, und sie durch Vertauschung unschädlich machen. — Die Übung spielt bei den Gedächtnisversuchen eine große Rolle, wie wir später sehen werden.

Zweites Kapitel.

Die einzelnen Assoziationen in ihrer Abhängigkeit von den Bedingungen.

Literatur außer der vorher genannten: *Ephrussi*, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis, in ZPs 37 (1904) 56 ff. — *Ebert-Meumann*, Über einige Grundfragen der Psychologie der Übungsphänomene im Bereich des Gedächtnisses, in ArGsPs 4 (1905) 1 ff. — *Jacobs*, Über das Lernen mit äußerer Lokalisation, in ZPs 45 (1907) 43 ff. — *v. Sybel*, Über das Zusammenwirken verschiedener Sinnesgebiete bei Gedächtnisleistungen, in ZPs 53 (1909) 257 ff. — *Busemann*, Lernen und Behalten, in ZAngPs 5 (1911) 211 ff. — *Nagel*, Experimentelle Untersuchungen über Grundfragen der Assoziationslehre, in ArGsPs 23 (1912) 156 ff. — *Poppelreuter*, Über die Ordnung des Vorstellungsablaufs, in ArGsPs 25 (1912) 208 ff. — *Piéron*, Recherches expérimentales sur les phénomènes de mémoire, in AnPs 19 (1913) 91 ff. — *Ballard*, Obliviscence and reminiscence, in BrJPs, Monogr. Suppl. 2 (1913).

§ 1. Abhängigkeit der Assoziationsstärke von der Wiederholungszahl.

1. Das unmittelbare Behalten.

Literatur. *Foucault*, Relation de la fixation et de l'oubli avec la longueur des séries à apprendre, in AnPs 19 (1913) 218 ff. — *Schultze*, Über Lernzeiten mit größeren Komplexen, in ZPs 71 (1915) 138 ff.

Nicht jedes Behalten fordert mehrere Wiederholungen. Lernstoffe von gewisser Länge können sofort richtig hergesagt werden, wenn auch oft nur für kurze Zeit. Mit dieser Fähigkeit arbeitet man bei der Antwort auf eine Frage, beim Diktieren, beim Nachschreiben von Sätzen, Abschreiben, Zeichnen. Diese „Spannweite des Gedächtnisses“ wird am einfachsten geprüft, indem man immer längere Reihen darbietet, bis die Grenze erreicht ist, bei der nicht mehr ohne Fehler aufgesagt werden kann.

Einige Werte: Bei sinnlosen Silben können vielleicht 6—7 auf einmal fehlerfrei wiederholt werden, von sehr geübten Versuchspersonen 8—9; bei einsilbigen Wörtern 8—9, von Geübten bis 12; von Ziffern und Buchstaben 10—12, bei Geübten bis 14. Das Kind steht in all diesen Leistungen weit hinter dem Erwachsenen zurück; sinnlose Silben behält es etwa 2—3. Sehr viel mehr wird unmittelbar von sinnvollem Material behalten: von Gedichtstrophen bei Übung bis 24 Worte, bei Prosastücken bis 36 Worte. Das unmittelbare Behalten entwickelt sich beim Kinde sehr langsam; mit 22—25 Jahren ist darin etwa der Höchstwert erreicht. Nach *Claparède* (1919) ist die Schwankung zwischen den Mittelwerten verschiedener Alter ziemlich klein, dagegen zwischen Personen desselben Alters sehr groß.

Das unmittelbare Behalten hat große Ähnlichkeit mit einem Nachbild. Es klingt schnell ab, verlangt möglichste Konzentration der Aufmerksamkeit, möglichste Ausschließung der Störungen. Es kann durch eine Störung plötzlich ausgelöscht werden. Deshalb können oft schwächere Schüler nicht antworten, und ist es notwendig, die Frage zu wiederholen. Nimmt man längere Reihen, als unmittelbar behalten werden können, so wird nicht etwa so viel davon behalten, als man auf einmal auffassen könnte, sondern bedeutend weniger; schon bei zwölf sinnlosen Silben weiß man gewöhnlich bei dem ersten Zuhören nur noch etwa die erste und letzte Silbe. Die Störung durch die überzähligen Silben löscht auch die früheren aus.

Poppelreuter sieht im unmittelbaren Behalten das Sekundärerlebnis, die psychische Präsenzzeit, die jeder Wahrnehmung zukommt. Allmählich verschmelzen die Teile von niederem Bewußtseinsgrad darin immer mehr miteinander und verschwinden schließlich. Je länger die Reihe war, desto schneller ist ihre Mitte im Bewußtsein herabgesetzt, durch Hemmungswirkung vom Anfang und Ende her, welche selbst länger bleiben. Mit weiterer Zwischenzeit werden die Inhalte immer weniger unterscheidbar. Schließlich erscheinen einige Glieder allein und sind nicht mehr zeitlich in die Reihe eingeordnet.

Nach *Scheinermann* (ArGsPs 33 [1915]) ist in frischem Zustand das Aufmerksamkeitsfeld weit, ist jede Reihe ein geschlossenes Ganze, haften die Eindrücke lang. In Ermüdung dagegen herrscht Enge des Bewußtseins, ist der Zusammenhang der Reihe zerrissen. Nach *Martha Moers* (ArGsPs 41 [1921]) ist akustische Darbietung und akustischer Typus günstiger als visuelle Darbietung und Typus. Der tiefere Grund dafür liegt in der Bevorzugung der totalen Aufmerksamkeit vom Akustiker, der diskreten Aufmerksamkeit vom Visuellen. Bei der totalen Aufmerksamkeit wird die Reihe als Ganzes aufgefaßt, bleibt in der Pause ein schwaches Gesamtbild als Grundlage der Reproduktion; es wird flüchtig aufgefaßt, um den Zusammenhang nicht zu verlieren; größere Geschwindigkeit ist bevorzugt. Dagegen gibt sich die diskrete Aufmerksamkeit dem Eindruck jeder Silbe hin und hat in der Pause kein Gesamtbild. Diese Auffassung macht den ganzen Vorgang dem dauernden Behalten ähnlicher als dem unmittelbaren Behalten. Bei der totalen Auffassung geht die Absicht auf die unmittelbare Einprägung, auf das Wiederbeleben der noch bewußten Nachwirkung, auf intensive und gleichmäßige Konzentration und wird durch Störungen stark beeinflußt. Bei der diskreten Auffassung müssen die Eindrücke erst wieder auftauchen, dagegen schaden hier Störungen weniger. Für die Wahl der Aufmerksamkeit sind außer Vorstellungstypus und Darbietungsart die Geschwindigkeit der Darbietung und besonders die willkürliche Einstellung entscheidend.

2. Das Steigen der Wiederholungszahl mit der Zeilenlänge. Bei *Ebbinghaus* ergab sich folgende Tabelle:

Anzahl der Silben:	7	12	16	24	36
Notwendige Wiederholungen:	1	16,6	30	44	55
Wahrscheinliche Fehler:	±	1,1	0,4	1.7	2.8

Also die Anzahl der notwendigen Wiederholungen wächst mit zunehmender Silbenzahl der Reihe, anfangs außerordentlich schnell, später langsamer: „Gesetz von *Ebbinghaus*“. Die Resultate bestätigte *Binet* an zwei Rechenkünstlern. Der eine, *Diamandi*, lernte 25 Zahlen in 3′, 50 in 7′, 100 in 25′, 200 in 135′. Ähnlich waren die Resultate von *Meumann* und *Weber*. *Rückle* brauchte (in Versuchen *Müllers*) bei 25 Ziffern 0,8″ für die Ziffer, bei 100 2,1″, bei 200 4,09″. — Als genaues Gesetz der Abhängigkeit stellt *Foucault* auf: Die Lernzeit wächst proportional dem Quadrat der Länge. Das Gesetz hat zwei Grenzen, eine untere, wo das unmittelbare Behalten in Frage kommt, und eine obere, wo die Ermüdung eingreift. Sei die Zeit t (mit Einschluß etwaiger Hersagezeiten), l die Länge, so war für seine Versuche annähernd:

$$\frac{t}{l^2} = k$$

(k eine Konstante). Die obere Grenze erkennt man daran, daß die einander folgenden Hersagungen nicht besser werden oder selbst schlechter: die Versuchsperson verliert den Mut. — Das Gesetz stimmt bei den Werten

von *Diamandi* nicht sehr gut; es handelt sich da eben um Einzelbestimmungen, die ungenau ausfallen können. Dagegen liegt bei den älteren Versuchen von *Rückle,* die Mittelzahlen sind, der Koeffizient k sehr konstant zwischen 0,023 und 0,029, während die Reihenlänge zwischen 42 und 204 Ziffern schwankt. — *Rückle* hatte übrigens schon selbst von seinen Lernzeiten das Gesetz aufgestellt, sie wüchsen proportional zum Quadrat der erlernten Ziffern. *Schultze* bestätigte das bei genauerer Nachprüfung als sehr gut gültig nur für Ziffernreihen von 144 bis 504. Dagegen wurde die prozentuale Abweichung der beobachteten Lernzeit von der berechneten um so größer, je kleiner der Komplex war.

Dieses Ansteigen ist zunächst auffallend. Man möchte vermuten, für den gleichen Enderfolg, das eben Hersagen, müsse auf jede Assoziation der Reihe ungefähr die gleiche Arbeit verwendet werden, es müßten also die längeren Reihen ebensooft gelesen werden als die kürzeren. Es wurden verschiedene Gründe für unser abweichendes Resultat angegeben: Bei der längeren Reihe gibt es mehr Stellen, wo es zum Stocken kommen kann, ist also die Wahrscheinlichkeit des Stockens größer; folglich muß die durchschnittliche Höhe der Assoziationsstärke etwas höher genommen werden. — Ferner, wenn wir eine Reihe des öfteren gelesen haben, haben alle Silben eine Neigung, ins Bewußtsein zu steigen. Das ist ein Hemmnis für den Versuch des Hersagens. — Der Hauptgrund ist indessen die Verschiedenheit des Endresultates. Hat man eine 36silbige Reihe mit 55 Wiederholungen gelernt, so weiß man am Schluß gleichzeitig alle 36 Silben. Hat man drei 12silbige Reihen gelernt, jede mit $16^1/_2$ Wiederholungen, so weiß man jede Reihe nur unmittelbar nach ihrem Erlernen, aber am Schluß der dritten sind die erste und zweite schon wieder erheblich gesunken. Dieser Einfluß ist so stark, daß, wie wir sehen werden, man ungefähr gleich schnell zum Ziele kommt, wenn man drei Silbenreihen, die man am Schluß gleichzeitig wissen will, immer im ganzen nacheinander liest, d. h. eine 36silbige daraus macht, als wenn man jede für sich lernt und sie nach Bedürfnis wiederholt, bis alle sitzen.

Es ist leicht begreiflich, daß die längere Reihe entsprechend der größeren Lernarbeit auch besser behalten wird. *Ebbinghaus* fand bei 12silbigen Reihen beim späteren Wiedererlernen 33 % Ersparnis, bei 24silbigen 49 %, bei 36silbigen 58 %. Nach *Foucault* zeigen die längeren Reihen eine größere absolute wie relative Ersparnis. Ist t' die Zeit für das erste Erlernen, t'' für das Wiedererlernen, und nennt man t''/t' das Maß des Vergessens $= p$, so findet *Foucault* in einigen vorläufigen Versuchen, daß das Maß des Vergessens p der Länge der Reihe l umgekehrt proportional ist. Für zwei verschiedene Reihen kann man die Gleichung aufstellen $pl = p'l'$. Sicher passen die vorher gegebenen Werte von *Ebbinghaus* nicht zu dieser Formel; nach *Foucault* deshalb, weil *Ebbinghaus* die rückwirkende Hemmung nicht berücksichtigte; bei kurzen Reihen lernte er viele Reihen hintereinander, bei langen weniger. Natürlich kann dieses Gesetz wegen seiner dürftigen experimentellen Grundlage einstweilen nur als Anregung für weitere Versuche gelten.

3. Die Wirkung der einzelnen aufeinanderfolgenden Wiederholungen. Die grundlegende Bedeutung der Wiederholungen für die Assoziationsstärke ist allbekannt. In der gewöhnlichen Erfahrung wiederholt man beständig, was man behalten will, beim Militär z. B. die Griffe und Bewegungen; man schaut die Bilder, die man sich einprägen will, öfter an. Die Wiederholungsverstärkung wird auch durch innere Wiederholung geleistet, nicht bloß durch erneute Wahrnehmung.

Genauer zeigen die Abhängigkeit von der Wiederholungszahl schon die ersten Versuche von *Ebbinghaus*. Gleichartige Reihen wurden teils 8mal, teils 16-, 24- . . ., 64mal gelesen, dann nach 24 Stunden Zwischenpause wiedergelernt. Die Ersparnis war proportional der Anzahl der vorher auf die Reihe verwendeten Wiederholungen; für je drei Wiederholungen der ersten Einprägung konnte in diesem Falle bei der Wiedererlernung eine Lesung ausgelassen werden. Aber das galt nur innerhalb bestimmter Grenzen. Geht die Zahl der Wiederholungen über die zum Lernen notwendige Zahl erheblich hinaus, so wird ihre einprägende Kraft sehr schnell schwächer. Mit der Methode der Hilfen fand später *Ebbinghaus*, daß die Wirkung der ersten Wiederholung ganz besonders groß ist (was schon *Smith* festgestellt hatte), diejenige der folgenden unter sich dagegen ziemlich gleich groß; die Kurve zeigte eine leichte Konkavität. — *Pohlmann* fand bei der zweiten Wiederholung 34% der ersten, bei der dritten noch 10% der ersten Zunahme. Ebenso stellten *Lipmann, Reuther* und *Witasek* eine Abnahme des Trefferzuwachses bei den folgenden Wiederholungen fest. *Nagel* findet bei sinnlosen Silben in der ersten Lesung den höchsten Einprägungswert. Dagegen fand er bei sinnvollem Stoff (Prosastücken, Gedichtstrophen) regelmäßig die zweite Lesung überlegen. Hier wurde die erste Lesung zum Überblick benutzt.

Der Grund des Abnehmens der Wirksamkeit der späteren Wiederholungen liegt teilweise darin, daß in den ersten Lesungen alles leichte Material, alle interessanten Teile bei sinnvollen Stoffen vorweggenommen werden, die weniger Arbeit verlangen, während für die folgenden Lesungen das schwierigere Material bleibt. Wir werden später sehen, daß überhaupt die verschiedenen Lesungen nicht dieselbe Bedeutung haben. Anfangs sucht man sich mit dem Stoff bekannt zu machen; dann geht es an die Verbindung, Aneignung; es folgt die Periode des prüfenden Überhörens, des Betonens der letzten schwachen Stellen. Deshalb ist ein gleichmäßiges Ansetzen neuer Silben nicht zu erwarten. Nach *Poppelreuter* wird durch die sich folgenden Wiederholungen im stehenden Bewußtseinsinhalt der Bewußtseinsgrad und der Unterschied der Teile allmählich gesteigert und so der Umfang der Gesamtvorstellung erweitert. — *Piéron* findet in den Versuchen anderer Forscher nicht selten in der Mitte der Wiederholungszahl eine starke Beschleunigung; so bei *Guillet*. Bei seinen eigenen Versuchen zeigte sich die Kurve um so regelmäßiger, je länger die Intervalle zwischen den einzelnen Lesungen waren. Bei Intervallen von jedesmal 24 Stunden erhielt er eine einzige Beschleunigung in der Mitte, eine vollkommene *S*-Kurve. Sonst kommen gewöhnlich zwei Wendepunkte in der Kurve vor. Auch zeigen sich fast nach je drei Lesungen periodische Beschleunigungen.

Der eigentümliche Anstieg mit den Wiederholungen gilt nicht bloß für das Wortgedächtnis, sondern auch für die Erwerbung von Fertigkeiten. für die nach *Piéron* dieselben Gesetzmäßigkeiten gelten. *Thorndike:* Dabei zeigt sich in diesen Übungen oft eine merkwürdige Unregelmäßigkeit, indem nach einem anfänglichen Anstieg zunächst ein längerer Stillstand (das Plateau) eintritt, dem sich erst viel später ein abermaliger steilerer Anstieg anschließt. Diese Erscheinung fanden *Bryan* und *Harter* beim Empfangen von Telegrammen ausgebildet; sie sehen darin das Auftreten einer höheren Fähigkeit, die erst beginnt, wenn die niedere automatisch geworden ist. Der Telegrammempfänger muß monatelang ausschließlich auf die Worte achten; die Zahl der zu lernenden Worte ist groß, die Übung für die einzelnen also klein, daher die Zeit lang. Erst wenn der Wortschatz so groß

ist, daß die Aufmerksamkeit für anderes frei geworden ist, kann sich die höhere Fertigkeit des Zusammenfassens ausbilden. Die Vollendung des Telegraphisten kommt nach dem Zeugnis der Fachleute erst nach 10 Jahren, und zwar dann ziemlich schnell. Auch für das Verstehen einer fremden Sprache beobachtete man dieselbe schnelle Besserung am Anfang, dann den entmutigenden Stillstand gerade unterhalb der Höhe, die für das Verständnis der gewöhnlichen Unterhaltung genügen würde, endlich den schnellen Anstieg auf das brauchbare Verständnis der Sprache, nachher einen jahrelangen Kampf, der selten vollendet wird, bevor man der Sprache vollkommen mächtig ist. Der Übergang zum genügenden Verständnis kann bisweilen sozusagen über Nacht kommen, indem man von der Unfähigkeit zu verstehen dazu übergeht, praktisch alles zu verstehen.

Nach *Thorndike* muß man für die Feststellung dieses Stillstandes nachweisen, daß nicht ein bloßer Schein vorliegt, indem etwa anfangs die leichteren Wörter gelernt wurden und nun die schwereren darankommen. *Swift* fand beim Ballwerfen, beim Maschinenschreiben, beim Übersetzen aus dem Russischen diese Periode nicht; er glaubt aber trotzdem an ihr Vorkommen. Nach ihm wird gerade in diesen Perioden der Fortschritt gemacht; nur besteht die Gefahr, daß man darin das Interesse verliert. *Book* fand die Periode des Stillstandes auch beim Maschinenschreiben bei zwei von drei, die lange genug übten, um dieses Stadium zu erreichen. Er vermutet aber, daß es an besonders schwierigen Bildungen lag, oder an der Bildung falscher Verbindungen, die erst wieder aufzulösen waren.

§ 2. Die Abhängigkeit der Einprägung von den Elementen der Reihe.

1. Abhängigkeit von der Stellenzahl. Nach *Bigham* zeigen sich in der Mitte der gelernten Reihe die meisten Irrtümer. Ähnlich *Calkins, Binet, Pohlmann. Ebbinghaus* gibt das allgemeine Gesetz: Die Einprägung beginnt am Anfang und am Ende der Reihe und schreitet von da zur Mitte fort, und zwar schneller vom Anfang her. Liest man die Reihe mit einer Pause in der Mitte, so bilden sich auch an diesen neuen Anfangsstellen Ausgangspunkte der Einprägung; auch werden auffällige Silben schneller erfaßt (*Ebert-Meumann*).

Auch bei der Treffermethode (*G. E. Müller*) war der erste und sechste Takt bevorzugt, der letztere, weil er durch die nachfolgende Pause Zeit zum Nachklingen hatte; wurde diese Pause ausgelassen, so hatten die beiden Takte ihren Vorzug verloren. Nach *Nagels* Versuchen liegt der höhere Einprägungswert der ersten Lesung gerade hieran. Anfang und Schluß der Reihe sind bevorzugt, wegen ihrer Stellenassoziation erleichtert, wozu noch die Betonung durch die sie trennende Pause kommt. Läßt man diese Pause wegfallen, so verliert die erste Lesung viel von ihrem Vorzug. Die Bevorzugung von Anfang und Schluß zeigte sich auch, als *Ballard* 20 Vokabeln mit Überzetzung lernen ließ, indem er für jedes Paar 30″ Zeit gab. Hier ist die Mitte wohl durch Hemmung von beiden Seiten her benachteiligt, wozu noch dem Anfang die größere Frische zugute kommen mag. — *Offner* erinnert an die gewöhnlichen Erfahrungen: Die ersten Gedanken einer Rede haften fester. ebenso das erste Bild einer Sammlung. Ähnliches gilt von den letzten. Deshalb wird Anfang und Schluß einer Rede besonders gut besorgt.

2. Abhängigkeit von der Bekanntheit des Stoffes. Schon allgemeine Erfahrungen weisen darauf hin. Ein Textstück in fremder Sprache ist schwerer zu erlernen als in der eigenen. Das Lesen eines Wortes dauert um so länger, je seltener es vorkommt, auch länger in einer fremden

Sprache. In der Muttersprache scheint einem das Hören und Verstehen des Wortes oft gleichzeitig zu sein, in der fremden Sprache braucht es leicht deutlich merkbare Zeit (*Offner*).

Schon *Pohlmann* hatte die Verschiedenheit des Erlernens für verschiedenes Material festgestellt (S. 529). *Busemann:* Am leichtesten wurden konkrete Substantiva gelernt, mit zunehmender Schwierigkeit abstrakte Substantiva, Adjektiva oder Verba, endlich sinnlose Wörter. Wie eine Prüfung nach 24 Stunden zeigte, wurden auch die schwerer lernbaren Stoffe im allgemeinen weniger gut behalten, obwohl alle bis zum fehlerfreien Hersagen erlernt gewesen waren. *Ephrussi:* Die Herstellung von Assoziationen beginnt wesentlich erst, wenn der Stoff einen bestimmten Grad der Geläufigkeit erlangt hat. Vorher muß eine Anzahl von Wiederholungen darauf verwendet werden, diese Geläufigkeit zu schaffen, das Wort dem Klange und Bilde nach aufzufassen. Die sinnvollen Worte und Zahlen besitzen schon diese Geläufigkeit, dagegen sinnlose Silben und fremdsprachige Vokabeln nicht.

Besonders stark trat der Einfluß der Bekanntheit des Stoffes bei *Nagel* hervor. Es wurden sinnlose Silbenreihen zunächst auswendig gelernt und zum Teil noch durch überschüssige Wiederholungen und Hersagungen besonders befestigt. Dann wurden Umstellungsreihen gelernt, worin die vorigen Silben in einer fast willkürlichen Ordnung zusammengestellt waren. Waren die Vorreihen nur bis zum Ebenhersagen gelernt worden, so wiesen nach 5′ gelernte Umstellungsreihen eine Ersparnis auf, die nach 24 Stunden gelernten eine noch größere. Waren dagegen die Vorreihen stark befestigt, so erforderte die Erlernung der Umstellungsreihen sogar einen Mehraufwand gegen die erste Erlernung. Hier wirken eben zwei Ursachen gegeneinander: die durch die erste Erlernung erzielte Bekanntheit des Stoffes, die eine Ersparnis liefert, und die durch die Stiftung der ursprünglichen Assoziationen für die Umstellungsreihen bewirkte Hemmung (worüber später). Für die Vorreihen, die bis zum Ebenhersagen gelernt waren, wurde die Hemmung durch die Gleichheit des Stoffes überwogen; deshalb die relative Ersparnis; während das bei noch festerer Einprägung der ursprünglichen Assoziationen nicht mehr gelang. — *Ebbinghaus* hatte bei Permutation sämtlicher Silben einer gelernten Reihe und ihrer Wiedererlernung keine Ersparnis gefunden. Er hatte eben den Einfluß der entgegenwirkenden Hemmung nicht beachtet, die erst später entdeckt wurde. Bei sinnvollem Stoffe, der schon geläufig ist, ist von der Bekanntheit des Stoffes kein Nutzen zu erwarten.

K. Winzen (ZPs 86 [1921]): Sind zwei Vorstellungen miteinander zu assoziieren und haftet die eine besser (ein sinnvolles Wort gegenüber einem sinnlosen; eine öfter gelesene sinnlose Silbe gegenüber einer einmal gelesenen; ein größer oder eindringlicher geschriebenes Glied gegenüber einem andern), so ist es für das Lernen des Komplexes günstiger, wenn das besser haftende Glied am Anfang steht: auch die rückläufigen Assoziationen sind dann begünstigt. Offenbar wirkt der eindringlichere erste Reiz noch stärker nach, während der zweite gegeben wird.

3. Abhängigkeit von der R e i z s t ä r k e und D a u e r. Schon gewöhnliche Erfahrungen weisen darauf hin. Sehr eindrucksvolle Begebenheiten brauchen wir nur einmal erlebt zu haben, um sie jahrelang zu behalten. „Das gebrannte Kind scheut das Feuer, der geschlagene Hund scheut den Stock nach einer einzigen eindrucksvollen Erfahrung“ (*Ebbinghaus*). Auch aus diesem Grunde sprechen wir die wichtigsten Worte in der Rede laut; die Reklame benutzt große Buchstaben, schreiende Farben. Strafen wirken mehr als Drohungen.

Müller und *Schumann:* In einer trochäischen Reihe ist die von einer stark betonten Silbe zur nächsten stark betonten gehende Assoziation fester als die zwischen zwei sich folgenden schwach betonten. *P. Meyer* (ZPs 64 [1913] 34 ff.):

Sonst gleiche Figuren werden besser behalten, wenn sie größer sind. Es liegt da eine Wirkung der größeren Eindringlichkeit vor. Denn macht man auch die kleineren Figuren eindringlicher, indem man alle Umrisse mit roten Linien umzieht, so hört der Vorzug der großen Figuren auf.

Die mangelnde Intensität des Reizes kann auch durch größere Dauer ersetzt werden. Flüchtige Eindrücke haften schlechter als länger andauernde. Bei *Reuther* (PsSd 1) nahm mit zunehmender Darbietungszeit die Menge des Wiedererkannten zu, aber mit Schwankungen. So war eine Zeit von 0,7″ besonders günstig; kürzer galt als anregend, länger war unlustbetont. *Pohlmann* fand mehr Treffer, wenn er die Silben je 2″, als wenn er sie bloß 1″ einwirken ließ. Dasselbe fanden *Smith* und *Ephrussi*. Freilich wirken da mehrere Bedingungen mit. Nach *Ephrussi* und *Oertel* stellen sich bei langsamerer Darbietung der Silben mehr assoziative Hilfen ein, die das Lernen erleichtern. Man kann auch die längere Dauer eines Reizes einer öfteren Wiederholung gleich setzen, in die sie bei schwankender Aufmerksamkeit ja von selbst übergeht, und hat dann die allbekannte Abhängigkeit der Assoziationsstärke von der Wiederholungszahl.

4. Abhängigkeit von der Schnelligkeit des Lesens. Nach *Ebbinghaus* erreicht man bei größerer Geschwindigkeit in kürzerer Zeit das Ziel, den Stoff eben hersagen zu können; vorausgesetzt natürlich, daß nicht durch zu große Geschwindigkeit der sinnvolle Stoff anfängt sinnlos zu werden, was *Steffens* bestätigt. Auch wird das schneller Erlernte nicht, wie man zunächst vermuten sollte, schneller vergessen. *Meumann* bestreitet letzteres; er findet das rasche Erlernen für das dauernde Behalten unvorteilhaft. *Ephrussi* fand das scheinbar widersinnige Resultat, daß, während das rasche Tempo sich für das Erlernen vorteilhafter erweist, dasselbe beim Trefferverfahren minderwertige Resultate erzielt. Der Hauptgrund ist: Die Prüfung durch Hersagen folgt dem Lernen unmittelbar; diejenige nach der Treffermethode beginnt erst nach 5′ und zieht sich länger hin. Es zeigt sich nun, daß bei schnelleren Reihen die Trefferzahl sehr bald absinkt, bei langsameren nicht. Vermutlich wächst die Perseverationsstärke mit der Lesegeschwindigkeit und Wiederholungszahl, die Trefferzahl hinwieder mit der Perseveration. Da die Perseveration nun mit der Zeit schnell sinkt, fallen die Trefferzahlen bald ab. — Die schneller erlernten Reihen erscheinen auch subjektiv anstrengender. *Meumann* findet es am zweckmäßigsten, im Verlauf des Lernens das Tempo zunehmen zu lassen; die erste Lesung muß langsam und aufmerksam sein, um richtig aufzufassen; dann kann die Geschwindigkeit gesteigert werden; in der Tat gehen bei freiem Verfahren die Versuchspersonen so voran.

Nach *Jacobs* hat diejenige Reihe die kürzere Hersagezeit, die die kürzere Lernzeit gehabt hatte. Ebenso *v. Sybel*. Besonders ist die Hersagezeit kürzer, wenn das motorische Element beteiligt ist, wenn die Lernweise dem lauten Hersagen ähnlicher ist. Auch wird bei schnellem Tempo die Hersagezeit meist kürzer.

§ 3. Die Abhängigkeit von der Zwischenzeit; das Vergessen.

1. Das Gesetz des Sinkens. Wie längst bekannt, nimmt die Festigkeit der Assoziation mit der Länge der Zwischenzeit ab, die seit ihrer Herstellung oder letzten Auffrischung verlaufen ist. Gemessen wurde diese Abhängigkeit zuerst von *Ebbinghaus*. Er lernte gleichartige Stoffe bis zum Ebenhersagenkönnen und ließ sie dann ruhen. Nach verschieden langer Zwischenzeit erlernte er dann dieselben wieder und stellte die Ersparnis fest, die er als Maß für die noch vorhandene Assoziationsstärke betrachtete (S. 523). So fand er für sinnlose Silben:

nach einer Zwischenzeit (in Stunden = h)	$\frac{1}{3}h$	$1\ h$	$8{,}8\ h$	$24\ h$	6 Tage	31 Tage
Ersparnis in % der ursprüngl. Lernzeit	58,2	44,2	35,8	33,7	25,4	21,1
wahrscheinliche Fehler	1	1	1	1.2	1,3	0,8.

Also das Vergessen ging anfangs sehr schnell. Nach einer Stunde war hier die Stärke schon auf $\frac{1}{2}$ gesunken, nach 9 Stunden auf $\frac{1}{3}$; nach 6 Tagen haftet noch $\frac{1}{4}$, nach einem Monat noch $\frac{1}{5}$. Er stellte fest, daß diese Werte einem logarithmischen Gesetz gehorchen (vgl. Fig. 64). Ist die Ersparnis in Prozenten m, die Zwischenzeit t, k und c Konstanten, so gilt:

$$m = \frac{k}{(\log t)^c}.$$

Danach ist die Gedächtnishöhe des Stoffes einer gewissen Potenz des Logarithmus der Zwischenzeit umgekehrt proportional. Bei *Ebbinghaus* war diese Potenz $c = 1{,}25$; dabei wurde die Zeit in Minuten gerechnet, angefangen von 1 Minute vor Beendigung

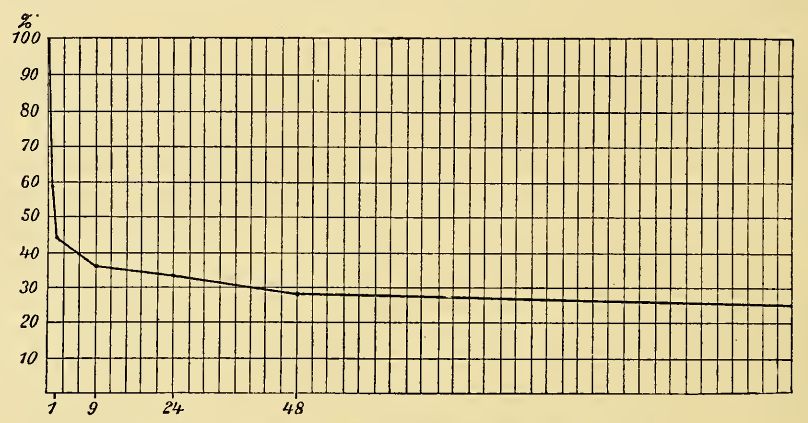


Fig. 64. Kurve des Sinkens der Assoziationen (nach *Ebbinghaus*).

des Lernens. *Piéron* (AnPs 21 [1920]) entwickelt eine verwickeltere Funktion der Zeit $m = \frac{k \cdot (\log t)^2}{t^c}$. wo $c = 1{,}25$. Die Versuche von *Ebbinghaus* wurden vielfach nachgeprüft; so von *Smith, Pentschew* und besonders *Radossawljewitsch,* welcher dieselben an 27 Personen anstellte. Danach war der anfängliche Abfall der Assoziationsstärke weniger schroff als bei *Ebbinghaus,* näherte sich aber bei größeren Zeiten immer mehr dessen Werten. Nach 24 Stunden fand er außerdem weniger vergessen (32 %) als nach 8 Stunden (53 %). Doch ist nach *Busemann* dabei die verschiedene Frische bei den verschiedenen Versuchsstunden nicht in Anschlag gebracht worden. Auch *Finkenberger* wies nach (AmJPs 24 [1913]), daß die Nachmittagsstunde, in der bei *Radossawljewitsch* regelmäßig der Erfolg nach 8 Stunden geprüft wurde, besonders ungünstig sei. Bringt man das in Rechnung, so fällt die Störung in der Kurve weg.

Bei sinnvollem Stoffe ist der Prozeß des Vergessens qualitativ ähnlich, nur quantitativ viel langsamer. Auswendiggelernte Stanzen wurden von *Ebbinghaus* nach 24 Stunden mit 50 % Ersparnis wiedererlernt; ja selbst nach 22 Jahren war noch eine Ersparnis von 7 % nachweisbar. *Colvin* und *Myers* fanden, daß bei der Erzählung von Geschichten die Resultate nach 24 Stunden nicht schlechter waren als unmittelbar nachher.

Den Widerspruch mit dem vorigen Gesetz löst *Lipmann* so, daß es sich bei der Geschichte nicht um wörtliches Aufsagen handelte. Es ist klar, daß der Sinn der Geschichte viel fester eingeprägt ist und deshalb länger ohne merkliche Veränderung festgehalten werden kann.

Die Vergessenskurve gilt auch für die Erwerbung von Fertigkeiten. Auffallend ist zunächst das langsame Sinken bei Handfertigkeiten (Ballwerfen, Maschinenschreiben), bei denen jahrelange Unterbrechung keinen Verlust zu bringen scheint. Prüft man freilich näher, so offenbart sich trotzdem ein Verlust bei Wiederaufnahme der Tätigkeit. Nur wird dieser viel schneller ausgeglichen als einst bei der ersten Erlernung (worauf wir zurückkommen). Die relative Langsamkeit des Sinkens erklärt sich nach *Thorndike* vor allem daraus, daß hier das gleiche Material weit mehr als nötig eingeprägt wurde. Beim Lernen von Wortreihen gibt man sich zufrieden, sie eben hersagen zu können; dagegen werden beim Maschinenschreiben dieselben Worte immer wieder mitgeübt. Ferner unterbricht beim Wortlernen jedes Versagen an einer Stelle das ganze Hersagen, während beim Maschinenschreiben höchstens an einer Stelle etwas langsamer geschrieben wird.

Schon früher hatte *Bourdon* (AnPs 8 [1902]) gezeigt, daß auf den verschiedensten Gebieten die Folgerung aus der Vergessenskurve zutrifft, daß eine längere Übung noch nach jahrelanger Unterbrechung erhebliche Größe zeigt. Durch mehrere Wochen Übung mit dem Ergographen waren die Hebungen von 48 gelegentlich bis auf 190 gebracht worden; nach siebenjähriger Unterbrechung waren es noch 78. Die Zeit für das Erlernen von Vokabeln zeigte selbst nach Jahren Unterbrechung eine erhebliche Verbesserung. Die Benennung von Worten nach grammatischen Klassen war durch Übung auf $^1/_2$ der anfänglichen Zeit gefallen; auch nach sieben Jahren Unterbrechung waren es noch $^3/_4$. — Die Vergessenskurve wurde auch bei Tierversuchen bestätigt. Beispielsweise fand *Thorndike* bei einer Katze, die gelernt hatte, auf gewisse Worte verschieden zu reagieren, nach 8 Tagen die Ersparnis beim Wiedererlernen zu 87 %. Ähnlich war es bei Wirbellosen, wo das Resultat mit den Formeln des Wortgedächtnisses gut stimmte (*Piéron*).

Aus dem bloßen Gesetz des Vergessens ergibt sich unmittelbar der Folgesatz: Assoziationen mit augenblicklich gleicher Reproduktionsfähigkeit schwinden um so langsamer, je älter sie sind. Also: Sind zwei Assoziationen von gleicher Stärke, aber verschiedenem Alter, so fällt die ältere in Zukunft weniger ab (der zweite *Jost*sche Satz). Die Kurve der älteren Assoziation ist eben flacher als die der jüngeren. Deshalb wird sie vom Schnittpunkt (der gleichen Stärke) an weniger fallen als die letztere.

2. Abhängigkeit des Sinkens von der wiederholten Erlernung. Wenn man dieselbe Reihe ein zweites Mal wieder lernt, so daß sie eben aufgesagt werden kann, also jetzt gleich hoch ist wie nach dem ersten Erlernen, könnte man meinen, daß die Assoziationsstärke in der Folge ebenso schnell absinken müsse wie das erste Mal. Das ist aber nicht der Fall. *Ebbinghaus* ließ jeden folgenden Tag dieselben Reihen wieder lernen bis zum Ebenhersagen und fand, daß immer weniger Wiederholungen dazu nötig seien. Für 24silbige Reihen fand er:

	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
Nötige Wiederholungen:	25.5	10.0	5,0	1,0.

Meumann fand noch schnellere Abnahme, nämlich:

1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
21,6	4,0	1,0	0,7.

Die erneute Einprägung verlangsamt mithin den Auflösungsprozeß der Assoziationen, und zwar so, daß nun das abermalige Schwinden derselben viel langsamer erfolgt als bei einer bloßen Verschiebung des zeitlichen Anfangs. Alte Assoziationen werden durch gleich viele Wiederholungen mehr gestärkt als neue (der erste *Jost*sche Satz).

Man kann sich dieses Ergebnis aus dem Gesetz des Vergessens veranschaulichen. Die Assoziationsstärke des zweiten Tages ist aus zwei verschiedenen Elementen zusammengesetzt, einem älteren und einem jüngeren. Das ältere verliert am zweiten Tage bedeutend weniger als am ersten. Also kann der Gesamtverlust nicht gleich groß sein (*Claparède*). — Hierzu gehört die eben erwähnte Erscheinung, daß beim Wiederaufnehmen einer lange unterbrochenen Übung der nunmehrige Fortschritt viel schneller ist als bei der ersten Übung. Bei *Swift* waren beim Maschinenschreiben 48 Tage nötig, um 1900 Worte in der Stunde zu schreiben; nach 2 Jahren Unterbrechung brauchte es 10 Tage Übung für dasselbe Resultat. Ebenso *Foucault* (AnPs 21).

Ein Folgesatz: Assoziationen mit völlig gleicher Stärke schwinden um so langsamer, je häufiger sie durch erneute Einprägung verstärkt wurden. Das wirkt wohl bei der Abhängigkeit des Sinkens von der Länge der Reihe mit. *Ebbinghaus* hatte gefunden, daß eine Reihe von 36 Silben, die eben hergesagt werden kann, doppelt so fest war als eine Reihe von 12 Silben (an der Ersparnis gemessen). Für das Ebenhersagenkönnen muß jede Assoziation, wenn sie darankommt, noch überwertig sein. Bei der längeren Reihe dauert es bis zu diesem Darankommen aber viel länger; deshalb wird eine höhere Assoziationsstärke verlangt, aber auch das Sinken viel langsamer sein.

Auch nimmt die Zahl der Wiederholungen, welche die längeren Reihen bis zum Wiedererlernen brauchen, rascher ab als für kürzere Reihen, so daß schließlich die längsten und kürzesten Reihen mit ungefähr der gleichen Zahl Wiederholungen gelernt werden. Durch die öftere Wiederholung wird die Kurve des Sinkens immer weniger steil. So kann es kommen, daß schließlich während der Zeit einer Lesung die Teile einer dreimal so langen Reihe kaum tiefer sinken als die Teile einer kürzeren Reihe, bei der die Kurve des Sinkens ja steiler ist.

3. Häufung und Verteilung der Wiederholungen. Wenn man mittels einer bestimmten Zahl von Wiederholungen, also in einer bestimmten Gesamtzeit einen Stoff erlernen will, ist es dann vorteilhafter, die Wiederholungen unmittelbar hintereinander auszuführen, oder sie zeitlich zu trennen? Nach *Jost* (ZPs 14 [1897] 436 ff.) ergibt sich das günstigste Resultat bei einer möglichst ausgedehnten Verteilung. Es wurden beispielsweise 24 Lesungen verteilt, teils auf 3 Tage zu 8 Lesungen, auf 6 Tage zu 4 oder 12 Tage zu 2. Bei einem Beobachter war dann die Trefferzahl auf 72 Vorzeigungen beziehungsweise: 7, 31, 55. Das ist durchaus nicht selbstverständlich. Ältere Psychologen haben es öfters ausdrücklich als nützlicher bezeichnet, die Wiederholungen „in einer Hitze“ sich folgen zu lassen. Schon *Ebbinghaus* hatte das Resultat vorausgenommen:

In einem Falle waren 68 Wiederholungen direkt nacheinander weniger wirksam als 38 Wiederholungen, die auf drei aufeinanderfolgende Tage verteilt waren.

Jost zeigte weiter, daß der Nachteil der Anhäufung durchaus nicht an der Ermüdung liegt; derselbe Unterschied fand sich, wenn die Verteilungswiederholungen in die Häufungswiederholungen eingeschaltet waren, so daß beide durch die Ermüdung gleichmäßig getroffen wurden. Auch *Meumann* fand das Resultat bestätigt. *Lehmann* findet nicht die möglichst große Verteilung am günstigsten, sondern bei 10—12silbigen Reihen eine Anordnung zu je drei Wiederholungen, mit einer Pause von einer Viertelstunde zwischen den Gruppen. *Müller* und *Pilzecker:* Diese Regel des Verteilens gilt nicht bloß bei weiten Intervallen (24 Stunden), sondern auch bei engen Intervallen ($2^1/_2{}'$). Wie *Laura Steffens* zeigte, fällt auch die motorische Einstellung bei Verteilung der Einstellungsversuche stärker aus, und zwar um so mehr, über einen je längeren Zwischenraum sich die Verteilung erstreckt. Das weist auf eine physiologische Ursache für die Erscheinung hin. — Ein ähnliches Ergebnis ist das von *Sarah Austin* (AmJPs 32 [1921]). Wurden längere wissenschaftliche Texte entweder fünfmal an einem Tage gelesen, oder je einmal an fünf Tagen, und wurde erst nach einem Monat oder zwei Wochen geprüft, so war im zweiten Falle dreimal so viel behalten. Wurde dagegen am nächsten Tage geprüft, so waren beide Ergebnisse ungefähr gleich. Danach waren gehäufte Wiederholungen für unmittelbaren Gebrauch ebenso nützlich wie verteilte, aber nicht für die Dauer.

Der Grund liegt im ersten *Jost*schen Satz: Eine Wiederholung hat für die älteren Assoziationen einen höheren Einprägungswert als für jüngere Assoziationen von gleicher Stärke. Unter Voraussetzung dieses Satzes folgt das Verteilungsgesetz leicht; je ausgedehnter die Verteilung ist, desto öfter wirkt eben die neue Wiederholung auf alte Reihen.

Den Unterschied, der hierin ausgesprochen wird, merkt man schon einigermaßen subjektiv; von einem eben gelesenen Gedicht weiß man noch eine ganze Menge Einzelheiten auswendig, viel mehr als von einem vor längerer Zeit gelernten. Wenn es aber auf die volle Erlernung ankommt, so würde das beim alten Gedicht durch viel weniger Wiederholungen bewirkt werden können als beim neuen, nur flüchtig angesehenen. — Nach Versuchen, auf die wir zurückkommen, spielt übrigens die Zahl der Pausen auch eine selbständige Rolle, welche für die Überlegenheit der Verteilungen wirkt. Die Ruhe nach dem Lernen bedeutet in Wirklichkeit die Anregung zu einer unbewußten Tätigkeit, der Fixation, die zur offenbaren Lernzeit hinzukommt.

Aus dem Gesagten ergibt sich ein zusammenfassendes Bild vom Verhältnis der alten und jungen Assoziationen: die ältere zeigt für die Zukunft langsameres Abfallen, hat größeren Nutzen von einer Wiederholung. In Versuchen von *Ebbinghaus* zeigten auswendig gelernte Stanzen nach 22 Jahren noch eine Ersparnis von 7 %. Waren die Stanzen aber nicht einmal gelernt, sondern an vier aufeinanderfolgenden Tagen, jedesmal bis zum Ebenhersagen, so ging das Vergessen sehr viel langsamer vor sich; nach 17 Jahren war die Ersparnis noch 20 %. Anderseits stehen die älteren Assoziationen in der Reproduktionszeit nach; diese ist bei jüngeren kürzer, was besonders in den ersten 6′ hervortritt, schon sehr wenig beim Vergleich von 11′ und 24 Stunden.

4. Unregelmäßigkeiten der Kurve des Vergessens, zunächst für die allererste Zeit nach dem Erlernen. So ist nach *Finzi* die Zahl der richtig reproduzierten Glieder durchschnittlich nach 4″ am größten, nicht direkt nachher. Auch *Bigham* fand, daß die Reproduktion nicht unmittelbar nachher am besten ist; bei Zahlen-

reihen war eine Pause von 10″ am günstigsten; bei Silbenreihen wurden nach 30″ weniger Fehler begangen als nach 2 oder 10″. *v. Wartensleben* (ZPs 64 [1913] 321 ff.) prüfte das Auffassen tachistoskopisch gebotener Buchstaben, die nach einer verschiedenen Zwischenzeit (zwischen 0—60″) dann herzusagen waren. Mit dem Wachsen der Pause kamen Verbesserungen, Verschlechterungen oder auch Gleichbleiben vor. Die Pause wird nämlich benutzt, um den Erkenntnis- und Einprägungsvorgang auszuführen. Die Erkennung kann mehr unmittelbar oder ein mühsames Herausarbeiten und Ankämpfen gegen Störungen sein. Die Einprägung kann im Festhalten eines zentralen Nachbildes oder im beständigen Reproduzieren oder innern Sprechen bestehen. Wird in diese Vorgänge durch Hersagen zu früh eingegriffen, so wird das Resultat geschädigt. Die notwendige und beste Zeit kann nach Umständen zwischen 0 und 15″ schwanken. Es handelt sich also nicht um eine wirkliche Ausnahme vom Gesetz der Vergessenskurve, sondern um Fortsetzung des innern Lernens, ähnlich wie bei den weiteren Lesungen einer Silbenreihe.

Noch sonderbarer sind einige Resultate, welche die Unregelmäßigkeiten auf viel spätere Zeiten ausdehnen wollten. *Boldt* fand: Bei geistig Normalen tritt mit der Vergrößerung des Intervalls eine beständige Verbesserung des Resultates ein; 5′ nachher war es schlechter als 15′ nachher, und dieses schlechter als nach 24 Stunden. Ähnlich fand *Binet,* daß manche Schüler 8 Tage nachher mehr wußten als unmittelbar nach dem Lernen. Das ist nach *Pohlmann* wohl so zu erklären, daß die Versuchspersonen sich in der Zwischenzeit mit den Resultaten beschäftigt haben oder gar miteinander darüber sprachen, wie er bei eigenen Versuchen regelmäßig bestätigt fand. Da haben wir also in Wirklichkeit eingeschaltete Wiederholungen, nicht ein selbsttätiges Anwachsen der Assoziationsstärke. — Die Tatsache des Ansteigens bestätigt *Fr. Nicolai* (ArGsPs 42 [1922]), wenn er 10″ lang 10 bekannte Gegenstände betrachten ließ und nach verschiedener Zwischenzeit über sie fragte. Anfangs sinkt die Leistung mit dem Abstand, später erholt sie sich und steigt über die Anfangsleistung, bis nach mehreren Tagen. Die Prüfungen selbst sind dabei Lernversuche. Der Gedanke, es später nochmals sagen zu müssen, läßt den Stoff nie zu tief sinken.

Die bisweilen gehörte Behauptung, daß eine Leistung nach dem Ende der Übung noch sehr lange weiter ansteigt, daß wir nach einer drastischen Bemerkung erst im folgenden Sommer Schlittschuh laufen, erst im Winter schwimmen lernen, ist nach *Thorndike* eine Übertreibung. Es liege da häufig ein nur scheinbares Ansteigen durch Zurücktreten von Hemmungen vor. Der Schluß der Übung verdeckt den wirklichen Gewinn durch gleichzeitige Ermüdung, so daß die Ruhe einen scheinbaren Gewinn bringt; ähnlich mag das Nachlassen des Interesses wirken. Bisweilen hat auch eine ungeschickte Übung unbrauchbare Assoziationen gestiftet, die nachher erst wieder verschwinden müssen.

Nach *Piéron* unterliegt die Vergessenskurve von *Ebbinghaus* einer Fehlerquelle, indem er direkt hintereinander verschiedene Reihen lernte; durch Hemmung werden dann die vorhergehenden Reihen geschwächt, unterwertig; und so entsteht für den Durchschnitt gleich im Beginn ein scheinbar unmittelbarer Absturz. Lernt man dagegen eine Reihe allein, so kann sie oft noch nach einer Woche hergesagt werden, wie schon *Joteyko* fand. *Piéron* selbst ließ 50 Ziffern lernen mit 2′ Abstand der einzelnen Lesungen, worin zum Teil Hersagungen fielen. Die Reihe wurde in 10 Lesungen gelernt. Nach 7 Tagen war sie noch gewußt. Die Ersparnis war allgemein nach 7 Tagen 100 %, nach 14 Tagen 82 %, nach 28 Tagen 67 %, nach 120 Tagen 25 %. Das Resultat *Piérons* erscheint zunächst widerspruchsvoll; man sieht nicht recht, warum, was eine Woche lang unverändert bleibt, später so schnell und erheblich sinken soll. In Wirklichkeit steckt darin eine zweite Gesetzmäßigkeit, die *Piéron* mit seiner Methode nicht fassen konnte. Es gehen von Anfang der Zwischenzeit an Sinken und Ansteigen verschiedener Glieder der Reihe nebeneinander her,

worauf wir zurückkommen. Für das gewöhnliche Lernen ist das Gesetz von *Ebbinghaus* übrigens schon deshalb wichtiger, weil man dabei keine Zeit hat, durch Pausen Hemmungen auszuschließen, sondern in bestimmter Zeit möglichst viel hintereinander abzumachen sucht.

5. Auch das Gedächtnisbild einer einzelnen Vorstellung wird im Laufe der Zeit blasser, lückenhafter, verschwommener. Experimentell suchte das *Wolfe* für Tonhöhen festzustellen (ähnlich *Lehmann* für Helligkeiten, *Lewy* für Hautlokalisationen usw.); er bot erst einen Ton dar, dann nach wechselnder Zwischenzeit einen andern, mehr oder weniger verschiedenen, und ließ beurteilen, ob es derselbe sei oder nicht. So fand man, daß die Verwischung der Vorstellung mit der Zeit zunehme, in guter Übereinstimmung mit der Vergessenskurve.

Die Beurteilung wird übrigens meist nicht auf einer Vergleichung mit dem unterdessen beharrenden Gedächtnisbild beruhen, sondern auf den früher beschriebenen Nebeneindrücken, oder einer Wortbezeichnung usw., so daß hieraus allein das Verschwimmen der Vorstellungen mit der Zeit nicht bewiesen wird. Man schätzt etwa eine gesehene Länge in Zentimetern und merkt sich diese Zahl, oder man beachtet, daß man die gesehene Farbe grasgrün nennen würde, daß das Rechteck das Seitenverhältnis eines Dominosteins hatte. Wir vergleichen also die Wahrnehmung mit einem absoluten Eindruck, den wir für jedes Gebiet hinreichend sicher besitzen und jederzeit wieder erwecken können. Die Verwischung der Vorstellung mit der Zeit, ihre Verdunklung wird dann darin bestehen, daß diese Schätzung des Abstandes von den Einheitsgrößen unbestimmt, unklar geworden ist.

Gewisse unwillkürliche Veränderungen von Vorstellungen, an die man sich erinnert, erfolgen übrigens in bestimmter Richtung. So nähert sich ein individueller Eindruck allmählich einem typischen, z. B. ein behaltenes Rot demjenigen Rot, das als Vertreter des Wortes gilt. *Katz:* Fordert man jemand auf, das Schwarz des Hutes, das Rot der Lippen in vorliegenden Farben auszuwählen, so wählt er regelmäßig eine zu gesättigte Farbe. *Müller* beschreibt die affektive Umbildung der Vorstellungen im Gedächtnis (*M* § 123): Schon *Stern* bemerkte die Neigung, bei der Erinnerung den Grad der beobachteten Erscheinung zu steigern. Man sagt erst. eine Person gehe, später, sie gehe schnell. Bei den Gedächtnisversuchen wurde eine rote Ziffer in der Reproduktion als leuchtend vorgestellt; die eindringlichsten Farben erscheinen vielleicht größer, weiter vorn. Innerlich vorgestellte Worte eines Satzes erschienen in kräftigen Schriftzügen, wenn der Satz eine wesentliche Bedeutung hatte (*Lemaitre*). Im gewöhnlichen Leben kommt auf diesen Umstand das Anwachsen der Ereignisse, wenn sie durch das Gerücht weitergetragen werden, die Verklärung der Verstorbenen durch die Erinnerung.

§ 4. Die Mitwirkung allgemeinerer seelischer Bedingungen.

1. Der Einfluß der Gefühle. Lustgefühle sind im allgemeinen für den Erfolg des Lernens günstig, Unlustgefühle ungünstig. So ist die Freude über den Lernerfolg förderlich, ebenso die über den Schluß der Lernarbeit, die Rücksicht auf Lohn. Instinktiv wird deshalb von manchen die Arbeit durch rhythmische Tätigkeit erleichtert: man wandelt während des Lernens eines Vortrages auf und ab; Schüler wackeln oft beim Lernen gleichmäßig mit dem Kopfe. Das Förderliche dabei ist die ruhige, behagliche Stimmung, welche diese rhythmische Tätigkeit erregt. Darin steckt auch ein Teil des Nutzens von Rhythmus und Reim.

Allgemein sind für das Einprägen und Reproduzieren günstig: körperliche Frische, Gesundheit, heitere Stimmung, vorübergehend auch Alkohol, der in größerer Menge

schädlich ist; schädlich sind Ermüdung, Mißstimmung, Angst, die Zeiten der Verdauung, z. B. die ersten Stunden nach der Hauptmahlzeit. In der Erschöpfung tritt bei der Reproduktion Stocken oder Perseveration der Worte ein. Ein Affekt, der nicht Eifer für die Arbeit und ihren Erfolg selbst ist, gilt als schädlich; auch Furcht vor Zuschauern. Starke Affekte können die Reproduktion ganz unterdrücken; die Gedanken stehen still, man wird sprachlos. Der Einfluß der Tageszeit beruht auf den individuell verschiedenen Verhältnissen der Frische. Im Durchschnitt ist die Morgenzeit für das Lernen am günstigsten („Morgenstund' hat Gold im Mund"), 5 Uhr nachmittags sehr ungünstig. Doch gibt es auch Leute, deren beste Lernzeit um 2 oder 8 Uhr nachmittags liegt (*Finkenberger*).

2. Der Einfluß der Aufmerksamkeit. Die Festigkeit einer Assoziation wird um so größer, je stärker die Aufmerksamkeit darauf konzentriert ist. Deshalb prägt sich alles leicht ein, was von selbst die Aufmerksamkeit auf sich zieht; so wirkt die Intensität oder die Bedeutung des Stoffes. Heitere und schmerzliche Ereignisse ziehen die Aufmerksamkeit auf sich und prägen sich deshalb tiefer ein. Komische Verse haften fester als indifferente; deshalb empfiehlt *Leibniz* für den Unterricht komische Etymologien. Besonders scheinen sich peinliche Erfahrungen leichter zu erhalten, wenigstens wenn sie persönlich bedeutsam waren; man vergißt leichter Wohltaten als Kränkungen. Der Gegenstand eines Affekts prägt sich stärker ein; deshalb die enge Assoziation zwischen einem Verhalten und der darauf folgenden Belohnung oder Strafe. Etwas ganz anderes ist es, daß gleichzeitige Affekte für das Lernen anderer Gegenstände ungünstig sind.

Mit der Aufmerksamkeit deckt sich teilweise die Rolle des Interesses. Denn Interesse bedeutet besonders Neigung, sich mit einem Gegenstand zu beschäftigen, darauf die Aufmerksamkeit zu richten. Mit dem Einfluß der Aufmerksamkeit auf das Gedächtnis meint man besonders die aktive willkürliche Einstellung der psychischen Energie auf das Lernen bei einem Stoffe, der nicht schon von selbst die Aufmerksamkeit herausfordert. Diese Art Aufmerksamkeit muß durch Erziehung erst erworben werden; beim Kinde ist sie zunächst äußerst gering. Die meisten lernen aber mit der Zeit, ihre Aufmerksamkeit länger, intensiver, rascher zu konzentrieren. Ein großer Teil der Zunahme des Gedächtnisses beruht auf dieser Zunahme der Konzentrationsfähigkeit; die Gedächtnislehrer suchen vor allem zur Konzentrierung der Aufmerksamkeit anzuleiten. Der Einfluß der Aufmerksamkeit ist teils unmittelbar, indem dadurch die Festigkeit der Assoziation direkt wächst, teils mittelbar, indem die Einführung von Zwischengedanken, Zerstreuungen (wodurch die stärkeren unmittelbaren zu schwächeren überspringenden Assoziationen werden) verhindert wird. Bei den Lernversuchen wechselt die Richtung der Aufmerksamkeit. Bisweilen ist ein Teil des Lernstoffes schon ziemlich hoch gestiegen, dann wendet sich die Aufmerksamkeit auf andere und die früheren schon gesicherten können wieder niedersinken. Man hat gewissermaßen für die Zeit jeder Lesung nur eine bestimmte Größe von Aufmerksamkeitsenergie zur Verfügung, die man nach Willkür oder Gründen verschieden verteilt.

Der Einfluß des Übelbefindens auf das Lernen liegt an der Aufmerksamkeit. *A. Prandtl* (ZPs 87 [1921]) erzeugte das Übelbefinden künstlich durch Drehungen. Dabei treten die Vorstellungen nicht mit ungewöhnlichen Eigenschaften auf, nicht mit erhöhter Intensität, stärkerer Nachdauer. Dagegen ist die Fähigkeit angegriffen, den Vorstellungsverlauf im Sinne eines bestimmten Zieles zu lenken. Deshalb werden Vorstellungen, die normal als mit der Einstellung unverträglich unterdrückt bleiben, in erhöhtem Maße bewußt. Vor allem ist die Leistungsfähigkeit gegenüber ungeübten Aufgaben vermindert; dagegen sind gut eingeübte Vorgänge von der Einstellung mehr unabhängig; so das Hersagen. Das Entscheidende ist die Intensität der Einstellung, im Sinne eines Zieles die Energie zu verteilen, ungeeignete Reaktionen

auszuschließen, wertvolle zu benutzen. Bei der Ermüdung scheint der Fall derselbe zu sein wie bei schlechtem Befinden. Danach wären Ermüdungsmessungen durch automatisch gewordene Leistungen weniger zweckmäßig.

Das Ziel der Aufmerksamkeit beim Lernen ist je nach dem Stoffe verschieden. *L. Ordahl* (AmJPs 22 [1911]): Lernt man einen Ball richtig zu werfen, so ist fast nur Ziel und Ball bewußt; nur große Fehler der Körperstellung oder der Kraft des Wurfes fallen auch ins Bewußtsein und werden bewußt verbessert. Die kleinen Verbesserungen entwickeln sich übrigens von selbst aus den unvollkommeneren Bewegungen und werden dann bewußt fortgesetzt; Aufmerksamkeit auf die Art des Werfens schadet. Lernt man dagegen Kopfrechnen, so ist die Besserung das Lernen neuer Methoden, die bewußt sind; unbewußte Verbesserungen betreffen da die Erweiterung des Bewußtseinsfeldes oder die Gewöhnung. Also je mehr der Prozeß motorisch ist, desto weniger wird das Lernen bewußt; je mehr intellektuell, desto mehr bewußte Nachprüfung.

3. Der Einfluß des Willens ist besonders von *Meumann* betont worden. Selbst hundert- bis tausendmal wiederholte Eindrücke des gewöhnlichen Lebens können wir nicht reproduzieren, wenn wir dauernd nicht darauf geachtet haben. Es fehlte der Wille, sich die Eindrücke einzuprägen. Während die freie Erzeugung von Vorstellungen keine Anstrengung fordert, bedeutet das Aneinanderknüpfen derselben beim Lernen eine wahre Arbeit. *Lehmann* (Die körperlichen Äußerungen usw. III 277 ff.): Die Arbeit wird anfangs mit den aufeinanderfolgenden Wiederholungen größer, bis zu einem Maximum; von da an nimmt sie wieder ab, ist klein, wenn die Reihe eben hergesagt werden kann, und wird bei weiteren Wiederholungen immer mehr zu Null, wie etwa beim Hersagen des Alphabets. Je länger die Reihe ist, desto mehr Wiederholungen sind nötig, bis die maximale Arbeit erreicht wird, und desto höher ist dieses Maximum. Er leitet für die Arbeit A die Formel ab:

$$A = k \cdot W \cdot N^2,$$

wo W die Zahl der Wiederholungen, N die Zahl der Glieder der Reihe, k eine Konstante. Wenigstens gilt das für mittelgroße Reihen. Man kann diese Arbeit an der relativen Verminderung gleichzeitiger Muskelarbeit im Ergogramm messen. Bei 8- bis 10silbigen Reihen bestätigte sich dann, daß die Arbeitsverminderung beim Zutritt des Lernens nicht gleich ihren höchsten Wert annimmt, sondern diesen erst später erreicht, und daß dieser Wert mit der Länge der Reihe steigt.

Über die Ermüdung infolge der Lernarbeit gehen die Angaben auseinander. *Thorndike* fand bei 2stündigem Lernenlassen von Zahlen keine deutliche Abnahme. Bei *Vogt* war der Verlust am Ende von 75′ Lernen von Zahlen 7,5%. *Woodworth* fand bei 4 Stunden Auswendiglernen am Abend kein Zeichen von Arbeitsunfähigkeit. *John Morgan* (JEPs 3 [1920]) ließ 4 Stunden lang Vokabeln lernen; nach 2 Tagen folgte Prüfung und Wiedererlernen. Es war wenig Verlust in der Leistung während der Lernperiode; von dem im letzten Abschnitt gelernten Material war aber 18% weniger behalten als von dem im ersten.

Von der Willenseinstellung scheint es mit abzuhängen, ob man einen Stoff kürzere oder längere Zeit behält. *Aall* (ZPs 66 [1913] 1 ff.) findet ein doppeltes Gedächtnis im gewöhnlichen Leben, eines für kurze Zeit, ein anderes für längere. Advokaten, Schauspieler usw. haben oft ein großes

Material für einige Stunden zu lernen; nachher wird die Sache dann außerordentlich schnell vergessen. Dagegen werden die Einzelheiten besser behalten, wenn man das Bewußtsein hat, die Sache könne wiederkommen.

Die Ansicht, etwas nicht mehr wissen zu müssen, hat, wie es scheint, die Wirkung, das Gedächtnis davon zu entlasten. Damit stimmt der Eindruck der gewöhnlichen Erfahrung. Nach einer Rede hat man oft lebhaft die Empfindung, etwas von sich abzuwälzen. *Rousseau* sagte von sich, sowie er etwas dem Papier anvertraue, verlasse ihn der Inhalt und sei ihm nicht mehr erinnerlich. Eine ähnliche Erfahrung werden viele beim Exzerpieren machen. Zur Erklärung dieser Entlastung kann man wohl folgendes geltend machen: Taucht einem später etwas früher Erfahrenes auf und hält man es für überflüssig oder sonst sicher geborgen, so wird man sich damit nicht weiter beschäftigen; will man es dagegen behalten, ohne es sonst niedergelegt zu haben, so tritt nun eine Art Wiederholung ein, zugleich mit der ängstlichen Sorge, es ja nicht zu vergessen, was weiteres öfteres Auftauchen des Gegenstandes bewirken kann.

Ganz besonders ist die Steigerung des Gedächtnisses nach *Meumann* ein Willensphänomen. Fortschritt wird nur gemacht, wenn der Wille dazu geweckt wird. Die bloße Wiederholung genügt nicht, man kann auch in einen gleichmäßigen Schlendrian verfallen. Solange man keine Ahnung davon hat, daß man Fortschritte machen kann, tut man es auch nicht. Hierauf führt es *Meumann* zurück, daß in der jahrelangen Schultätigkeit das Gedächtnis kaum zunimmt. Der Wille wird eben nicht auf Steigerung der Gedächtnisleistung gelenkt, sondern einzig auf die Aneignung eines bestimmten Lernstoffes. Das führt uns zur Besprechung der Übung.

4. Die hohe Bedeutung der Übung wurde besonders von *Meumann* wieder zur Geltung gebracht. *Ebert* und *Meumann* nahmen die Gedächtnisübung vor, indem sie im ganzen 64 Silbenreihen von je 16 sinnlosen Silben lernen ließen und vorher, in der Mitte und am Schluß einen „Querschnitt“ durch das Gedächtnis nahmen, d. h. das unmittelbare und mittelbare Behalten für verschiedene Stoffe (Buchstaben, Zahlen, sinnlose Silben, Vokabeln, Prosa, Gedichte) prüften. Auf die Ergebnisse der Mitübung kommen wir sofort zurück. Das Erlernen der direkt geübten sinnlosen Silben hatte um 77 % zugenommen. *Meumann* schloß daraus auf eine unbeschränkte Übbarkeit; schließlich müßte auch der längste Stoff nach einmaligem Lesen hergesagt werden können.

Auffallend war der hier beobachtete große Wert der Übung. Für eine 16silbige Reihe waren anfangs 20—35 Lesungen notwendig, später 4—11. Bei den viel zahlreicheren Versuchen von *Müller* waren solche Werte nie vorgekommen, ebensowenig bei *Ebbinghaus*. Allerdings dachten ihre Versuchspersonen auch nicht an eine Vervollkommnung des Gedächtnisses. Bei späteren Bemühungen in dieser Richtung fand denn auch *Müller* bei sich selbst einen bedeutenden Aufschwung seiner Gedächtnisfähigkeit (ZPs 39, 111 ff.). — Auch sonst wurde beobachtet, daß man in kurzer, absichtlicher Übung selbst eine beständig gebrauchte Lebenstätigkeit bedeutend steigern kann, ein Beweis, daß die gewöhnliche Lebensübung stark unter der erreichbaren Grenze bleibt. So lernten bei *Thorndike* Studenten in 7 Stunden so viel beim Kopfrechnen, daß die Arbeit am Schluß in $^2/_5$ der anfänglichen Zeit geleistet wurde.

Auch *Nagel* bestätigte den großen Übungserfolg gerade für sinnlose Stoffe, aber auch seine Grenze. So fielen für eine Versuchsperson die

Lesungen für eine 12silbige Reihe von 43 auf 18, dann in sehr vielen weiteren Versuchen auf etwa 7, worüber hinaus kein merklicher Fortschritt mehr eintrat. Für alle Versuchspersonen kommt schließlich ein solcher Höchstwert der Übung; indessen erreichen ihn einige schnell, andere äußerst langsam. Bei sinnvollem Stoffe konnte *Nagel* keine Übungserfolge aufweisen. Freilich hatten da die Versuchspersonen schon vorher durch die Silbenreihen gelernt, die Aufmerksamkeit auf den Gegenstand zu konzentrieren. Auch braucht man sich bei sinnvollem Stoffe nicht erst an diesen zu gewöhnen. Die sinnlosen Silben verlangen dagegen das Aneignen einer neuen Lernweise, die ungewöhnliche mechanische Art des Lernens, die Unterstützung durch Rhythmus und Gruppenbildung.

Allgemeiner faßt *Thorndike* Größe und Grenze der Übung zusammen. Die Schnelligkeit des Addierens wurde in 2 Stunden bei Studenten um 50 % gesteigert, bei Ungebildeten auf das Doppelte. Durch 40 Stunden Maschinenschreiben kann man leicht so weit kommen, daß man so schnell schreibt wie vorher mit der Hand. Die Schnelligkeit der Übung ist nach dem Stoffe verschieden: im Buchstabieren werden oft kaum Fortschritte gemacht; das Lernen von sinnlosem Material gewinnt mehr als das von Prosa und Poesie. Wenn die Leistung schon sehr vollkommen ist, wird der Übungsfortschritt sehr klein sein. Auch gewinnt die Schnelligkeit der Leistung durch Übung mehr als ihre Güte, da die erstere vom Lernenden leichter bemerkt wird. Anderseits tritt besonders bei den motorischen Fertigkeiten die Grenze der Übung sehr klar in die Erscheinung. Sehr Geübte können vielleicht mit der Schreibmaschine 70 Worte (350 Buchstaben) in der Minute schreiben, 49 Worte beim Telegraphieren aufgeben, 4 Bälle mit einer Hand regieren, so daß immer gleichzeitig 3 in der Luft sind. Es ist ein häufiger Irrtum, die Rekordleistungen für unglaublich höher zu halten als die mittleren Leistungen. Die Leistung des besten Maschinenschreibers ist höchstens dreimal so schnell, als die von einem, der nur 40 Stunden geübt hat. Ebenso kann man zwischen einer klassischen literarischen Leistung und einer mittelmäßigen eine begrenzte Anzahl Zwischenstufen einschalten, die sich nach dem Urteil von Kennern nur wenig voneinander unterscheiden.

Bedingungen des Übungsfortschrittes sind nach *Thorndike:* Zunächst müssen die richtigen Leistungen als solche erkannt werden. Der Fortschritt wird leichter beim Addieren erkannt als beim Lösen von Aufgaben; leichter in Buchstabieren und Syntax als in Kraft, Klarheit und Reiz des Stiles. Von der Bedeutung des Willens für den Fortschritt war schon die Rede. Bei der Übung pflegt das Interesse zu schwanken; anfangs ist es groß, später nimmt es ab bis zur Unlust, besonders in einer Periode der Monotonie, in der man keinen Fortschritt sieht.

Die Kurve der Übung steigt gewöhnlich anfangs schneller als später; leicht wird die Hälfte in sehr kurzer Zeit erreicht, während das übrige sehr lange braucht. *Book* gibt als Grund an, daß anfangs Fortschritte nach vielen Richtungen zugleich möglich sind, später nicht mehr; auch bildet man anfangs die leichteren Verbindungen. — Den qualitativen Erfolg der Lernübung beschreiben *Ebert* und *Meumann:* Die Lernform ändert sich, indem das rhythmische Lernen mehr hervortritt. Positiv fördernde Lustgefühle treten auf wegen der größeren Leichtigkeit des Lernens, ebenso wächst das Interesse; die motorischen Spannungen nehmen an Intensität und Ausbreitung ab. Während der Übung verändert sich die Tätigkeit qualitativ, indem das Ziel nur noch mit Aufwendung der unbedingt notwendigen Mittel erstrebt wird.

5. Die Frage der Mitübung verwandter Fähigkeiten hat eine große pädagogische Bedeutung (die „formale Bildung"). Nach einer Anschauung werden die

Wahrnehmungen durch allgemeine Fähigkeiten, wie Gedächtnis, Unterscheidung, Beobachtung, Schließen usw. bearbeitet, die deshalb immer mehr geübt werden. Bei der geistigen Ausbildung legt man deshalb das Hauptgewicht darauf, diese Fähigkeiten in einem beliebigen Material zu üben, unter der Voraussetzung, daß sie dadurch allgemein für jede Leistung gesteigert würden. Andere leugnen diese allgemeine Übertragbarkeit; nach ihnen liegt der Wert der Bildung in den gelernten Einzelinhalten. Durch eine Assoziation wird eine andere nur gefördert, wenn beide einen Teil gemeinsam haben. Dieser gemeinsame Teil kann freilich auch etwas Allgemeines sein, wie die Ausschließung überflüssiger Vorstellungen. So übt die Addition auch die Multiplikation mit, in der sie ja auch enthalten ist, und überdies, weil bei beiden die gleichen Störungen auszuschließen sind.

Für die Tatsache der Mitübung bringen *Ebert* und *Meumann* ihre Untersuchung vor, worin die bloße Übung im Lernen sinnloser Silben auch alle andern Einzelgedächtnisse gestärkt hatte. Auch das nicht geübte unmittelbare Behalten nahm dabei erheblich zu: für Prosastücke um 30%, für sinnlose Silben um 42%, für Zahlen um 60%. Beim dauernden Behalten zeigten poetische Stoffe eine Zunahme von 37%, philosophische Prosa von 65%, die direkt geübten sinnlosen Silben natürlich am meisten, nämlich 77%. — *Thorndike* wendet gegen diese Zahlen ein, daß die vielen Prüfungen in Wirklichkeit auch für die andern Stoffe eine direkte Einübung bedeuteten; die Prüfung dauerte ja so lange wie die ganze Übungsreihe. *Dearborn* fand in der Tat bei einer Wiederholung der Versuche, aber unter Auslassung der Übungsreihe, auch einen beträchtlichen Fortschritt, der nur an der Prüfungsreihe liegen konnte und die Technik des Lernens vervollkommnete. Das Lernen von fremden Wörtern übte bei ihm nur in geringem Grade das Lernen von Poesie. *Winch* findet wieder eine starke Übertragung des Lernens von Poesie auf anderes Lernen. Nach *Sleight* liegt die Mitübung bloß an einem gemeinsamen trennbaren Element, wie besondern Formen der Aufmerksamkeit, der Vorstellungen, des Rhythmus.

Bei Fertigkeiten wurde öfters die Übertragung auf ein symmetrisches Organ beobachtet, so des Tippens auf die andere Hand; nach *Thorndike* liegt da die übertragene größere Feinheit im Treffen eines Punktes zum Teil an der gemeinsamen Augenbewegung. Nach *Swift* wird die Übung der rechten Hand im Ballwerfen auf die linke übertragen, deren Übung nun schneller vorangeht. Bei *Foster* machte längere Übung im Zeichnen von Objekten nicht genauer im Beobachten oder Berichten, woraus er etwas voreilig schließt, daß der Wert der formalen Bildung überschätzt werde. Vermutlich war bei dieser Übung an die Möglichkeit und den Wert der Übertragung auf sonstige Beobachtungen oder gar deren Übersetzung in Worten gar nicht gedacht worden. *Ruger* findet bei der Übung in der Lösung geometrischer und mechanischer Aufgaben als Hilfsmittel die Stärke der Aufmerksamkeit, die Methoden der Untersuchung, wie das Nachprüfen der Voraussetzungen, das Suchen nach neuen Gesichtspunkten, das Prüfen der Möglichkeiten. Von geometrischen Vorkenntnissen übte am meisten die dort übliche Methode, die Lösung als erreicht zu betrachten und von ihr aus auf die Bedingungen zurückzugehen, ferner die Verwendung ähnlicher früher gelöster Aufgaben.

Carey (BrJPs 8 [1915]) stellte mittels Korrelationsrechnung fest, daß die verschiedenen Arten des Unterscheidens keinen Gruppenfaktor erkennen ließen, wohl dagegen einen kleinen für das Gedächtnis. Die Gruppenfaktoren sind im allgemeinen

wohl zahlreich, aber im Umfang beschränkt; nur die motorischen Leistungen zeigten größere Korrelation in Geschicklichkeit der Bewegungen beim Schreiben, Zeichnen und bei Nadelarbeiten. Beim Wortgedächtnis waren die Korrelationen zwischen verschiedenen Arten der Vorführung recht hoch (0,50—0,80). Nach *May Smith* und *McDougall* (BrJPs 10 [1920]) ist das Gedächtnis in zwei Gruppen zu teilen: die eine ohne Wiederholungen, wie beim Wiedererkennen, die andere für eigentliches Lernen mit Wiederholungen. In jeder Gruppe fanden sie die Korrelation groß, aber zwischen beiden fast Null.

Die Erklärung der Mitübung sehen *Ebert* und *Meumann* teils in der Verbesserung gewisser allgemeiner psychischer Fähigkeiten, die bei aller Gedächtnisarbeit mitwirken, wie der Aufmerksamkeit, der Gefühlslage, der stärkeren Ausbildung der Willensmomente, der Erwerbung von Kunstgriffen des Lernens, teils auch darin, daß eine allgemeine Gedächtnisübung eine direkte Mitübung verwandter Fähigkeiten sei; denn die Übung stufe sich nach dem Grade der Verwandtschaft ab. Nach *Müller* genügt der erste Grund zur Erklärung. Die andern Gedächtnisse werden um so mehr geübt werden, je mehr sie hinsichtlich der Lernmittel und Lernweisen dem geprüften verwandt sind. So macht sich die Komplexbildung bei anderem sinnlosen Material mehr geltend als bei sinnvollem. *Thorndike* findet die Schlüsse auf Verstärkung allgemeiner Fähigkeiten gewagt; es werden nur Einzelleistungen übertragen, die aber sehr weit reichen können. So lerne man, Reize zu vernachlässigen außer den Zeiten, wo sie nützen können, worin die Aufmerksamkeitsschulung liegt. Von besonderem Nutzen erscheint ihm die Gewinnung von Maximen, Methoden und Idealen. Es sei irrig, daß die Schulfächer alle gleichen Wert haben, außer für das Lernen von Methoden usw. — Wahr ist hieran, daß nicht durch Gedächtnisübung jedes beliebige Gedächtnis in gleichem Maße vervollkommnet wird; ebensowenig bei der Verstandesübung usw. Anderseits ist es übertrieben, daß nur Einzelkenntnisse übertragen werden. In der zugegebenen Übertragung von Methoden, Maximen und Idealen liegt die Hauptsache dessen, was die Anhänger der formalen Bildung behaupten, besonders wenn die Anwendbarkeit der Methoden in ihrem Umfang erkannt und geschätzt wird.

6. Der Wert der Rezitationen für das Lernen.

Literatur. *Witasek,* Über Lesen und Rezitieren in ihren Beziehungen zum Gedächtnis. in ZPs 44 (1907) 161 ff. — *Kühn,* Über Einprägen durch Lesen und durch Rezitieren, in ZPs 68 (1914) 396 ff.

Witasek schaltete in eine Reihe von Lesungen für das Erlernen eine bestimmte Zahl von Hersagungen ein; konnte eine Stelle dabei nicht genannt werden, so wurde sie vorgesagt und weitergefahren. Regelmäßig zeigten die Rezitationen einen größeren Einprägungswert. Ebenso *Katzaroff*. *Nagel* fand für das besonders starke Einprägen von Gedächtnismaterial durch überschüssige Darbietungen die Rezitationen nützlicher; die Lesungen störten eher die Auffassung der Reihen als Ganzes.

Eingehender *Kühn:* Bei den meisten Versuchspersonen ist bei Strophen, Worten und sinnlosen Silben das Lernen mit Rezitieren günstiger, und zwar um so mehr, je sinnloser der Stoff ist. Bei einigen automatischen Lernern war es umgekehrt; da war für Strophen das Rezitieren noch günstiger. bei Worten und Silben nicht mehr oder gar ungünstiger. Nach der Selbstbeobachtung hat das Hersagen die Vorteile: So allein erlangt man eine Übersicht über das bisherige Wissen, was erlaubt, auf diejenigen Stellen mehr zu achten, die es notwendig haben. Die Gruppenbildung fällt dann leichter, während beim reinen Lesen, das sich nur an die Wahrnehmung hält, nur auf die gegenwärtige Stelle geachtet wird; kurz, man verarbeitet den Stoff dann besser. Nur bei den automatischen Lernern fehlt der Trieb zur aktiven Rekonstruktion. Für das Wiedererlernen war das Rezitieren bei allen

Versuchspersonen günstiger. Selbst wenn man sich beim bloßen Lesen bemüht, den Stoff möglichst gut zu verarbeiten, sich die Bedeutung der Zusammenhänge klarzumachen, Hilfen aufzusuchen, ist das Lernen noch nicht so gut wie beim Einschalten von Rezitationen; es fehlte eben das Kennenlernen der schwachen Stellen usw.

Die Versuchspersonen behaupten geradezu, das „reine Lesen" habe so gut wie keinen Einprägungswert; man beginne erst mit dem Lernen, wenn man auswendig hersage. Das bestätigte sich auch objektiv. Wenn man absichtlich alles Hersagen zurückdrängte, war der Erfolg oft verschwindend, bei einem nach 50 Lesungen eine Silbe, bei einem andern nach 80 keine. *Rupp* konnte nach 80—100 derartigen Wiederholungen des gleichzeitig dargebotenen Stoffes nur zwei bis drei Silben nennen, bei Darbietung nacheinander nach 100 Wiederholungen gar nichts. Bei sinnvollem Stoffe war es nicht wesentlich besser. Wenn es beim reinen Lesen bleibt, wird dieses immer mechanischer, führt zu Ermüdung und Zerstreuung. *Smith* und *McDougall* schließen aus gleichen Ergebnissen, daß die mechanische Assoziation für die Reproduktion nicht genüge.

7. Über den Einfluß des Körpers genüge eine vorläufige Bemerkung, da der nächste Abschnitt weitläufig darauf zurückkommt. (*M* § 124:) Die Abhängigkeit des Gedankenflusses von der Lebhaftigkeit des Blutlaufes, von der Ermüdung ist seit jeher bekannt. Gedächtnisstörungen durch Bluterguß im Gehirn sind natürlich nicht durch psychologische Gesetze zu erklären, ebensowenig das Auftreten von Halluzinationen. Was aber in pathologischen Fällen im großen geschieht, wird im kleinen auch schon normal vorkommen. Der Reproduktionsmechanismus wird fortwährend in unregelmäßiger Weise von solchen Beeinflussungen getroffen werden. Wegen der physiologischen Einflüsse ist die Assoziationsfolge auch von zufälligen Umständen abhängig, die verschiedene Reproduktionstendenzen begünstigen können. Die verschiedenen Nerven brauchen nicht dieselbe assoziative Empfänglichkeit zu haben. Ebenso kann es auch auf körperlichen Gründen beruhen, daß verschiedene Assoziationen verschieden schnell abklingen. Es mag an Vererbung liegen, daß die Assoziationen auf verschiedenem Sinnesgebiet verschieden stark ausfallen und haften.

§ 5. Die Bedeutung der Vorstellungstypen beim Lernen.

1. Das Aussehen des visuellen Gedächtnisbildes der gelernten Reihe kann nach *Müller* (*M* § 48 ff) sehr verschieden sein. Am klarsten ist es beim visuellen Lerner. Bisweilen tritt das Reihenbild nur begleitend auf, indem der Ort nur vorübergehend berührt, von der Aufmerksamkeit angetippt wird; andere Male aber ist es die Vorbedingung für das Auftauchen der Glieder, die erst nachträglich dazukommen. Oft ist die Reihe nur in einem schematischen Gesamtbild gegenwärtig, als undeutliche Masse, die kein Glied erkennen läßt; erst später werden durch die Aufmerksamkeit einzelne Glieder deutlicher und zugleich die andern noch verschwommener. Bisweilen wird das innere Reihenbild mit gleitender Aufmerksamkeit abgesucht, wobei die einzelnen Stellen nicht deutlicher werden, sondern erst die richtige, wenn sie darankommt. Auch wenn das deutliche visuelle Bild ausbleibt, kann die Vergegenwärtigung der relativen Stelle zur richtigen, etwa akustischen Reproduktion führen. Also kann man nicht aus der richtigen Angabe der Stelle auf ein visuelles Bild schließen. Selbst Hilfsvorstellungen (daß die Silbe ein englisches Wort war) können sich an die Stelle anschließen und geweckt werden, ehe die Silbe erscheint.

Was mit den Stellen stark assoziiert ist, sind nicht die einzelnen Reihenglieder, sondern die Komplexe, aus denen erst weiter gesucht wird, wenn nicht ausnahmsweise einzelne Glieder besonders fest mit ihren Stellen verknüpft sind. Das Gesamtbild kann vorgestellt werden, wie es geboten war, oder es wird in eine passende Form übersetzt, wie bei akustisch gebotenen Reihen. Die von der Aufmerksamkeit gerade erfaßte Stelle erscheint als Teil eines Papierstreifens oder als in der Luft schwebend. Bisweilen ist das Reihenbild ganz verschwommen; akustisch-motorische Vorstellungen sind mit den Stellen assoziiert. Mitunter erscheint eine graue Masse von der Größe des Komplexes oder ein unleserliches Gebilde usw.

Das Lernen von Ziffernquadraten offenbart gut die Natur des innern Zahlenbildes. *Janet* und *Charcot* hatten gemeint, ein stark Visueller werde das gelernte Quadrat in andern Richtungen ebenso schnell ablesen können wie in der gelernten, der Akustische nicht. Dazu stimmt schon das Beispiel *Diamandis* nicht, der für Vorwärtshersagen von 25 Ziffern 9″ braucht, für andere Richtungen $^1/_2$—1′. Die Angabe, daß jemand das ganze Quadrat auf einmal innerlich deutlich sehe, erscheint *Rückle* sinnlos; er könne immer nur einen Komplex von 5 Ziffern innerlich deutlich sehen. Will er die Ziffern vertikal hersagen, so sieht er nicht sofort unter jeder Zahl die darunterstehende, vielmehr sucht er erst den folgenden Komplex und entnimmt ihm dann die Ziffer. Es bestehen ja keine Assoziationen zwischen den einzelnen Ziffern, sondern zwischen den Komplexen, die erst auftauchen müssen. Die vertikalen Reihen waren schwerer herzusagen als die horizontalen rückwärts, weil bei ersteren immer eine neue Zeile ergriffen werden muß. Absteigend aufsagen ist leichter als aufsteigend, da ersteres mehr der natürlichen Lernrichtung entspricht. Die längsten Zeiten hat das schräge Hersagen, da hier die Zeile und Vertikalreihe zugleich geändert wird.

Haben die Ziffern im Quadrat verschiedene Farben, so müssen diese besonders gelernt werden, auch von Visuellen. So braucht *Diamandi* für ein Quadrat von 25 Ziffern 3′; bei wechselnden Farben aber 8′. *Rückle* lernt hierbei zuerst die Zahlen in Komplexen, dann die Farben für sich akustisch-motorisch. Nur bei sehr stark Visuellen kann es vorkommen, daß sie Farben und Zahlen sofort zusammen lernen, in fast gleicher Zeit wie ohne Farbenverschiedenheit.

2. Die Vorteile der einzelnen Typen beim Lernen. *v. Sybel* fand beim Vergleich der akustischen (*A*) und optischen (*V*) Darbietung: von allen wurde nach dem akustischen Verfahren rascher gelernt, auch von den Visuellen. Bei der Trefferprüfung dagegen war die Trefferzahl bei den Akustikern für optische Erlernung günstiger; vermutlich wurde die Reizsilbe bei akustischer Darbietung manchmal weniger gut aufgefaßt, bei optischer hat man die Silbe länger vor sich. Die Visuellen dagegen wiesen bei akustischer Darbietung ein günstigeres Resultat auf; das auf Grund innerer Umsetzung Gestiftete war bei ihnen fester. Wurden beide Darbietungen vereinigt (*VA*), indem der Stoff zum Lesen geboten und zugleich vorgelesen wurde, so lernten fast alle rascher, während für das Behalten sich das bloße Lesen günstiger erwies. Hier wirken offenbar die Vorteile der akustischen Darbietung mit; dasselbe wirkt günstig auf die Wachhaltung und gleichmäßige Verteilung der Aufmerksamkeit.

Treten die Artikulationsbewegungen hinzu (*M*): a) zu optischer Darbietung, so wurde wieder die Erlernung beschleunigt, dagegen war die Trefferzahl bei reinem Lesen günstiger, wohl wegen Konzentrierung der Aufmerksamkeit; die Artikulationsbewegungen bringen ein schnelleres Erfassen der Silben. b) Zu akustischer Darbietung: hier wirkt das Hinzukommen der Artikulationsbewegungen weniger stark. Es scheint, daß bei bloßem Zuhören die ungeläufigen Silben rascher aufgefaßt werden, das Mitsprechen ist da direkt hinderlich.

Vergleich von lautem (*VMA*) und leisem (*V*) Lesen. Für das Lernen ist das laute Lesen fast immer vorteilhafter, gleichgültig bei welchem Typus. Nur bei langsamerem Tempo kommen Visuelle mit leisem Lesen schneller durch. Umgekehrt wie die Erlernungszahlen verhalten sich die Trefferzahlen. Das laute Lesen wird allgemein günstig gefunden für die Konzentrierung und gleichmäßige Verteilung der Aufmerksamkeit; durch das Mitsprechen wird man gezwungen, jeder Silbe ein gleiches Maß von Aufmerksamkeit zuzuwenden. Vermutlich spricht auch mit, daß die Silben in mehreren Sinnesgebieten gegeben sind. Besonders das Motorische bewirkt, daß die Reihe leicht hergesagt werden kann.

Der Vorteil des Leiselesens für das Behalten liegt zum Teil an der größeren Wiederholungszahl. Es kam bisweilen vor, daß einige Takte verhältnismäßig spät hafteten; infolge Übereinprägung der andern fällt dann das Resultat der Trefferprüfung besonders gut aus. Bisweilen kann beim Lautlesen infolge von Perseveration oder kinästhetischen Vorstellungen die Reihe besonders früh hergesagt werden, während diese schnell abklingenden Hilfen für die spätere Trefferprüfung versagen. — Auch andere Forscher, wie *Cohn, Alliotta, Smith,* kamen zu ähnlichen Resultaten.

3. Die wirkliche Verwendung der Typen bei freier Wahl hängt von den Umständen ab. Im ganzen zeigt jeder die besten Resultate bei einer Vorführung, die seinem Typus entspricht. Doch wirkt anderes entscheidend mit (*M* § 3). So das Lernmaterial mit seinen Eigentümlichkeiten. Ein Visueller lernte die arabischen Ziffern visuell, die römischen Ziffern, die ihm nicht geläufig waren, akustisch-motorisch. Sinnvolles Material wird auch von stark Visuellen mit starker Benutzung des akustisch-motorischen Gedächtnisses gelernt. Wird einem das Material in einem andern Sinnesgebiet dargeboten, so hängt die Wahl der Vorstellungen von der Leichtigkeit der Übersetzung in den eigenen Typus ab. Bei einem Akustischen kann man starke Mitbeteiligung des visuellen Gedächtnisses erzwingen, wenn man Reihen von Figuren bietet, die sich in Worten schwer angeben lassen.

Die Geschwindigkeit kann von Einfluß sein; bei größerer Geschwindigkeit tritt das Visuelle vor dem Akustisch-Motorischen zurück; es bleibt keine Zeit für die visuelle Umsetzung, wenn der Stoff akustisch geboten wird. Bei Ermüdung, schlechtem Befinden, Zerstreutheit wird wohl das Akustisch-Motorische bevorzugt. Ähnlich bewirkt eine Störung auf einem Sinnesgebiet, daß man zu einem andern übergeht. Ein Akustiker setzte nur jene vorgelesenen Silben visuell um, die besonders schwer einzuprägen waren. Manche Visuelle bevorzugen doch ein lautes Lernen, weil es die Aufmerksamkeit stärker fesselt. Will man dagegen die innern Beziehungen des zu Erlernenden benutzen, so ist das stille Lernen besser. — Auch die Beharrungstendenz entscheidet bisweilen. Eine Lernweise, die aus irgend einem Grunde eine Zeit lang bevorzugt wurde, wendet man oft nachher noch länger an. Die typische Disposition kann durch Übung verändert werden, ist oft für verschiedene Tätigkeiten verschieden, z. B. schon für Ziffern und Konsonanten. Bisweilen kommt ein Visueller mit lautem Lesen eher zum Ziel, weil er so die Aufmerksamkeit besser festhält, oder gerade weil er sich mehr anstrengt. Ein Akustischer mag mit leisem Lernen weiter kommen, weil er daran gewohnt ist; oder er lernt bei akustischer Vorführung schwerer, weil die Stimme des Versuchsleiters ungewohnt ist, von den innern Klangbildern ablenkt.

4. Das Zusammenwirken verschiedener Vorstellungen. *v. Sybel* fand bei den vorwiegend Visuellen ausnahmslos auch akustisch-motorische Reproduktionen. Einer beobachtete akustische Hilfen besonders bei Ermüdung und mangelnder Konzentration. Bei einem andern wurde auf Grund des akustischen Beharrens hergesagt, das Visuelle bildete den Hintergrund; oder es stellt sich beim Stocken das Akustisch-Motorische ein.

Die Transformationen in ein anderes Sinnesgebiet zum Zwecke des Lernens beschreiben *Jacobs* und *Müller*. Die visuelle Transformation des akustisch Gebotenen: Das visuelle Schriftbild erscheint meist in der Handschrift des Lernenden. Die Silben eines Taktes werden dabei häufig enger zusammen vorgestellt, die betonten Silben dicker usw. — Umgekehrt wird auch visuelles Material akustisch übersetzt, besonders bei schnellem Tempo. — Oder es werden Vorstellungen in andere, geläufigere desselben Sinnesgebiets übertragen, römische Ziffern von Visuellen in arabische verwandelt. *Diamandi* verwandelt die gedruckten Zahlen immer in solche der eigenen Handschrift.

Kuhlmann (AmJPs 20 [1909] 194 ff.) bot Gespräche, Schallgruppen, wie Läuten einer Glocke, Krähen eines Hahnes. Er ließ dieselben einige Male hören und dann in verschiedenen Zwischenpausen (bis über einige Wochen) reproduzieren und dabei angeben, was im Bewußtsein auftauchte. Es fand sich die auditive Vorstellung sehr unvollständig, besonders mit längerer Zwischenzeit. Jedenfalls war als Regel nur ein Bruchteil, etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$, vorhanden. Die Stimme verliert immer mehr ihren individuellen Charakter, es wird nur noch ihre Höhe gehört oder auch diese nicht mehr. Die Betonung und rhythmische Gestalt blieb dabei gewahrt, so daß die Zahl der Wörter oft genannt werden konnte. Viel bedeutender dagegen waren hier die fremden Vorstellungen, besonders die visuellen. Sehr häufig erschienen sie als Mittel der Reproduktion. Schon beim Lernen waren diese visuellen Bilder der Personen und Sachen in großer Vollständigkeit da, Kleider, Bewegungen, Gesichtsausdruck, Umgebung. Bei der Reproduktion konnten sich diese dann minutenlang entwickeln, bevor eine Gehörsvorstellung kam.

Dieses visuelle Bild hat entweder den Zweck, die Schallgruppe als Ganzes reproduzieren zu helfen, oder es gibt alle Einzelheiten des Schalles durch seine Verschiedenheiten wieder; man stellt sich etwa die Bewegungen des Objektes dabei vor; oder endlich, es treten visuelle Schallübersetzungen auf. Es wird da eine willkürliche visuelle Form vorgestellt mit Verschiedenheiten von Helligkeit, Farben, etwa Wellenlinien; die Teile sind bewegt, entwickeln sich und sind so den Teilen der Schallgruppe zugeordnet, daß sie dem Beobachter eine Einheit damit zu bilden scheinen. Dauer, Rhythmus, Intensität, Klangfarbe werden so in visuelle Vorstellungen umgesetzt. — Das Wichtigste für die Reproduktion der Schalleinzelheiten waren die motorischen Bilder; es wird der Ton durch die Stimme oder es werden Rhythmus und Dauer durch beliebige Muskelbewegungen nachgebildet; Klangfarbe und Qualität meist nur durch Spannung der Stimmuskeln und begleitende Anpassung des Atems. Leichter war die Nachahmung von Rhythmus und Dauer. Das Ganze ist mehr eine Wiedergabe der Dauer, bestehend in einer stehenbleibenden Muskelspannung oder einer lang ausgezogenen Bewegung. Der Prozeß war durchaus ein motorisch-auditiver Komplex, worin die beiden Elemente unzertrennlich verbunden waren.

Kuhlmann (AmJPs 18 [1907]) prüfte ebenso die Erinnerung an visuelle Bilder in verschiedenen Zwischenräumen nach der Vorzeigung bis zu vier Wochen und mehr. Beim Lesen wurden die Bilder durchgangen, innere Wiedererneuerung angewandt. Die Reihenfolge war: Bilder, Name, Einzelheiten. Bei der Prüfung dagegen war der Name das erste; es folgten Einzelheiten und Bilder. Die Beschreibung der Einzelheiten hielt nicht lange und diente mehr zur Bestätigung. Der Name spielte beim Lernen eine große Rolle, bei den Prüfungen dagegen überwog das Visuelle immer mehr, je später geprüft wurde. Bei der Prüfung kommen die Einzelheiten nacheinander, werden auf ihre Richtigkeit geprüft und so das Bild aufgebaut. Einiges wird direkt wiedererkannt; oft ist der spontane Charakter entscheidend, die Leichtigkeit, Lebhaftigkeit, doch konnte das durch andere Gründe aufgewogen werden; bisweilen unterscheidet der Zusammenhang mit andern gesicherten Einzelheiten.

§ 6. Nebenassoziationen.

Für das fehlerfreie Hersagen einer Wortreihe ist die Assoziation von jedem Glied zum nächsten die wichtigste; wenn sie versagt, ist das richtige Aufsagen unmöglich. Deshalb heißt sie mit Recht die Hauptassoziation. Damit soll nicht gesagt sein, daß sie in jedem Falle die stärkste sei. Nicht selten drängen sich andere Silben vor, sei es wegen einer zufälligen Konstellation oder auch stärkerer Assoziation. Wenn aber die richtige Silbe sich noch schnell genug einstellt und als solche erkannt wird, wird das richtige Aufsagen nicht unmöglich gemacht. Es fragt sich nun, ob außer dieser Hauptassoziation jedes Glied auch noch mit andern der Reihe direkt verbunden ist, so daß, wenn die Hauptassoziation versagt, andere Glieder hervorgezogen werden können. Das sind die Nebenassoziationen.

1. Die Assoziationen der mittelbaren Folge, die „überspringenden Assoziationen", d. h. von einem Glied der Reihe zum übernächsten oder weiter entfernten gehend. *Ebbinghaus* bildete aus der ursprünglichen Reihe eine abgeleitete mit denselben Gliedern, nur daß nach jedem Glied der früheren Reihe immer ein Glied übersprungen war, also in der Aufeinanderfolge: 1 3 5 . . . 2 4 . . . 16. Diese lernte er 24 Stunden nach der Hauptreihe und bestimmte die dabei gemachte Ersparnis. In ähnlicher Weise prüfte er die Ersparnis, wenn die abgeleitete Reihe mit Überspringung von 2 Gliedern, von 3 oder 7 Gliedern gebildet war, und schließlich bei bloßer Permutierung der Glieder. Das Resultat war:

Anzahl übersprungener Silben:	0	1	2	3	7	Permutierung
Ersparnis in %:	33,3	10,8	7	5,8	3,3	0,5.

Also während bei zufälliger Permutierung der Glieder keine sichere Ersparnis wahrnehmbar ist (vgl. übrigens dagegen S. 536), bilden sich sonst von jedem Glied zu jedem mittelbar folgenden Assoziationen in einer mit dem Abstand abnehmenden Stärke; beim zweiten Glied etwa $1/3$ der Stärke der Hauptassoziation; selbst bei Überspringung von sieben Gliedern ist sie noch mit Sicherheit zu bemerken, gleich etwa $1/10$ der Hauptassoziation. — Gegen die Beweiskraft der Versuche wurde eingewendet, daß beim Lernverfahren von *Ebbinghaus* ein gleichzeitiges Erblicken entfernter Silben möglich war (*Münsterberg*), daß, wie schon *Ebbinghaus* selbst bemerkte, in den abgeleiteten Reihen „Bruchstellen" vorkommen, wo der Zweck der Anordnung nicht erfüllt ist, und zwar immer mehr, je mehr Silben übersprungen werden (weiteres *MuS* § 8). Deshalb stellten *Müller* und *Schumann* Versuche an, in denen diese Fehlerquellen vermieden waren; die Silben wurden nacheinander geboten. Die Hauptprüfungsreihen wurden gebildet, indem aus der Vorreihe nur die zu untersuchenden Glieder in ihrer ursprünglichen Entfernung eingesetzt wurden, die andern durch neue Silben ersetzt waren. Um den Einfluß der Bekanntschaft der 6 Silben und die assoziativen Hemmungen auszuschließen, sind beide auch in einer Vergleichsreihe vorhanden. Aber auch so ergaben die Hauptreihen regelmäßig größere Ersparnisse als die Vergleichsreihen, es bestätigte sich also das Bestehen der Nebenassoziationen.

Auch diesen Beweis findet *Nagel* nicht durchschlagend. Es sei übersehen worden, daß in den Hauptreihen neben den überspringenden Assoziationen auch die Gleichheit der Stellen gewahrt ist, in den Vergleichsreihen nicht. Bildete er selbst Hauptreihen, wo nur die Stellen gewahrt waren, und Vergleichsreihen, wo

das nicht der Fall war, so daß beidemal keine überspringenden Assoziationen vorkamen, so fand er trotzdem dieselbe Ersparnis wie *Müller* und *Schumann*. Ließ er dagegen in Haupt- und Vergleichsreihen beidemal die alten Stellen bestehen, gab aber der Hauptreihe die überspringenden Assoziationen, der Vergleichsreihe nicht, so ergab sich kein Unterschied. Danach wären die Assoziationen der mittelbaren Folge nicht bewiesen. — Aber *Nagel* geht noch weiter und leugnet diese Assoziationen überhaupt. Wenn man beim Hersagen Glieder überspringe ohne es zu merken, könne es sein, daß der Geist vorangeeilt sei und der Sprechapparat nicht mitkam. Ist das aber einmal geschehen. so haben sich dann zwischen den entfernteren Gliedern unmittelbare Assoziationen gebildet.

Die negativen Resultate von *Nagel* lassen die Möglichkeit offen, daß dabei ein vorläufig unbekannter Umstand übersehen worden ist, der die Wirkung der überspringenden Assoziation überwog. Die weiteren Erklärungen *Nagels* dagegen bringen die überspringenden Assoziationen unter anderem Namen wieder. Der Ausdruck „überspringende Assoziation" geht ja nur auf den äußern Lernvorgang und sagt nichts über den genaueren Mechanismus ihrer Bildung aus. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die sich folgenden Glieder der Reihe eine Zeit lang gleichzeitig im Bewußtsein vorhanden sind oder auch wieder darin auftauchen und dann direkte Beziehungen miteinander knüpfen, um so leichter, je näher sie sich folgten. Insofern mögen diese Assoziationen letztlich unmittelbare sein. Streng mittelbare. d. h. solche, die nie gleichzeitig miteinander im Bewußtsein waren, werden wir erst später behandeln und zurückweisen.

Die Abnahme der Stärke mit der Entfernung der Glieder gilt natürlich nur unter sonst gleichen Umständen. Wenn ein Glied durch die Aufmerksamkeit ausgezeichnet ist, wie das erste, kann die Assoziation dazu stärker sein. Solche Assoziationen werden sich bilden zwischen Anfangs- und Endglied einer Schlußfolgerung, zwischen einer Objektvorstellung und dem fremdsprachlichen Wort, zwischen Ausgangs- und Endpunkt einer Handlung; später werden die Mittelglieder nicht mehr durchlaufen, sondern immer mehr ausgeschaltet.

2. Die rückläufigen Assoziationen. Sie wurden von *Ebbinghaus* in ähnlicher Weise untersucht; er fand, daß sie in der Tat bestehen, nur erheblich schwächer sind als die vorwärts gerichteten. Das unmittelbar vorhergehende Glied ist etwa so stark verknüpft wie das zweitfolgende. Gegenüber den Einwänden, die man hier vorbringen könnte, erneuerten *Müller* und *Schumann* (§ 12) den Versuch in der Art, daß sie einzelne Takte aus der Vorreihe in umgekehrter Reihenfolge wiederbrachten und das mit einer andern Reihe verglichen, die sonst alles mit der Hauptreihe gemeinsam hatte. Das Resultat war eine Ersparnis von 11 %. Ließen diese Versuche noch eine Deutung durch die initiale Reproduktionstendenz zu (Nr. 3), so wurde auch das bei folgenden Trefferversuchen ausgeschlossen (*MuP* § 41). Weitere durchschlagende Beweise finden *Müller* und *Pilzecker* bei Trefferversuchen mit freier Assoziation an falschen Fällen und Mischwirkungen.

Aus den rückläufigen Assoziationen erklärt sich, daß, wo eine Assoziation allein zwischen zwei Gliedern besteht, wie zwischen der Nervenerregung, die eine Muskelbewegung zur Folge hat, und der darauf folgenden Bewegungsvorstellung. recht wohl durch häufige Wiederholung eine starke Neigung entstehen kann, daß das zweite Glied das erste nach sich zieht (dazu kann auch der folgende Faktor 3 mitwirken), daß dagegen bei einer längeren Reihe (wegen der geringeren Assoziationsstärke) nie von einem mittleren Glied an die Reihe rückwärts durchlaufen wird.

3. Die initiale Reproduktionstendenz besteht darin, daß jeder Teil eines Komplexes, ganz besonders aber der letzte, bei dem eine Hauptassoziation nicht in Frage kommt, die Neigung besitzt, den ganzen Komplex zu reproduzieren.

Also wenn eine Reihe (*a, b, c, d*) als Komplex gegeben ist und nun *d* genannt wird, strebt *d*, den ganzen Komplex in der ursprünglichen Richtung wachzurufen. *Müller* und *Pilzecker* (§ 39) ließen Silbenreihen in anapästischem Rhythmus lesen (*a, b, ć* | *d, e, f́* | . . .); dann wurde die letzte Silbe eines Taktes geboten, mit der Aufforderung, diejenige Silbe zu nennen, die daraufhin zuerst in den Sinn komme. Da trat nun die erste Silbe viel häufiger auf als etwa die durch rückläufige Assoziation daran geknüpfte zweite. Auch waren die betreffenden Zeiten kürzer. — Das erinnert auch an das Grundgesetz der Simultanassoziation von *Poppelreuter:* der wiedererlebte Teil hat die Tendenz, das Ganze zu reproduzieren; die Teile von größerem Bewußtseinsgrad reproduzieren leichter und werden leichter reproduziert. Hier haben wir mithin schon nicht mehr eine Assoziation zwischen zwei Elementen, sondern zwischen einem Element und einem ganzen Komplex.

4. Die Stellenassoziationen, welche eine Silbe an ihre Stelle in der Reihe knüpfen. Sie können mehrfacher Art sein (*MuS*, *Nagel* usw.): a) numerisch, wenn das Zahlwort behalten wird: erster Takt, zweite Silbe. . . . Für eine Vorlesung prägt sich vielleicht jemand die Stichwörter so ein, daß er sie mit einer Zahl versieht; bei größeren Lesestücken werden Gruppen und Unterteile besonders abgezählt; b) visuelle Vorstellungen der Lage in der Reihe: „wenn ein so großes Stück Papier vorüber ist“, „in der Mitte unten“, „rechts oben“ . . . Meist handelt es sich um ein visuelles Bild von ungleicher Klarheit. Bei lückenhafter Reproduktion kann man meist gut sagen, wie viel Silben ausgelassen sind. Auch in der gewöhnlichen Erfahrung tritt diese Lokalisation häufig auf. Mancher hat beim Hersagen die Stelle des Buches im Auge. Die Reproduktion ist auch leichter, wenn der Text gesehen, wenn auch wegen der Entfernung noch nicht gelesen werden kann. c) Akustisch: Wenn die Reihe immer mit demselben Tonfall gesprochen wird, so assoziiert sich ein Takt mit diesem Tonfall und wird danach richtig untergebracht. Bei sinnvollem Stoffe liest man etwa die Hauptträger des Gedankens mit hoher, lauter Stimme, die Nebensätze mit tiefer, leiser Stimme. Wird eine Silbenreihe in melodischer Weise vorgelesen, so wird sie schneller gelernt, als wenn monoton. Es liegen darin motorische und akustische Verschiedenheiten, mit denen verknüpft wird. Andere Mittel sind: Bei einer Strophe von 9 Zeilen wird die mittelste durch eine unterstreichende Handbewegung hervorgehoben, oder es wird ein Strich zwischen den mittelsten Komplexen einer akustisch gelernten Reihe vorgestellt. Alle Elemente, welche die Aufmerksamkeit stark anziehen, sind auch für die Bildung von Stellenassoziationen bevorzugt, so das Anfangs- und Endglied einer Reihe und Gruppe, die betonten Silben, Anklänge an sinnvolle Wörter, bei Wortreihen die leitenden Träger des Gedankens.

Die projektive Einprägung (*M* § 79) besteht darin, daß jede Vorstellung mit einem bestimmten Orte an einem wahrgenommenen Gegenstand verbunden wird. Eine Versuchsperson verlegte die 8 Komplexe einer 24stelligen Zahlenreihe an 8 Felder der vor ihr liegenden Tischdecke, die dann beim Hersagen der Reihe nach angeblickt wurden. Er fand das Lernen ohne diese Projizierung schwerer. Bei *Jacobs* gab ein Beobachter an, er habe schon in der Schule immer Wände und Gegenstände als Lokalisierungsobjekte benutzt. Bei *Martin* berichtete eine Dame, wenn sie morgens an eine Angelegenheit erinnert werden wolle, projiziere sie am

Abend vorher das Bild auf die Platte des Waschtisches und sehe dieses dann am Morgen. Die alte Gedächtniskunst benutzte Markierungsobjekte (Muscheln), mit denen die Handlungen fest assoziiert wurden. *Jacobs* stellte bei Versuchen fest. daß bei Lokalisierung der Silben auf 12 Kreise eines Papierblattes Trefferzahl und Trefferzeit meist günstiger waren; ebenso bei langsamem Tempo die Erlernungszahl, dagegen nicht bei schnellem. Die Befestigung auf den projektiven Stellen ist verschieden. Bisweilen wird auf der gleichförmigen Fläche einfach die Stelle mit der Aufmerksamkeit herausgegriffen; bisweilen sind die Stellen durch optische Zeichen gleicher oder verschiedener Art ausgezeichnet; doch werden dabei bloß die Stellen selbst beachtet.

Etwas anderes ist es, wenn das Schema bloß vorgestellt wird, etwa die nicht gesehenen Finger der Hand oder ein anderswo gesehenes Objekt. So war es bei der alten Bildermnemonik (der „innerlich topisierenden" im Gegensatz zur eben beschriebenen „äußerlich topisierenden"), indem an eine gut bekannte Reihenfolge von Objekten Bilder angeheftet wurden. Bei Nichtvisuellen sind dann gewöhnlich undeutliche Flecke da oder wird „unmarkiert" lokalisiert (S. 226).

Die Bedeutung und Stärke der Stellenassoziationen. *Müller* und *Schumann:* Bei einer bestimmten Anordnung zeigte sich eine Ersparnis der Hauptreihen (welche die Stellen bewahrte) gegenüber den Vergleichsreihen um 15%. Ähnlich *Pohlmann.* Bei Versuchen *v. Sybels* war gewöhnlich erst die Stelle klar. dann wurde die Silbe gesucht, besonders bei Visuellen. In den Versuchen von *Jacobs* traten bei langsamem Tempo die Silbenassoziationen gegenüber den Stellenassoziationen zurück. Die relative Zahl der richtig behaltenen Stellen übertraf diejenige der Treffer um 22%. Meist konnte zuerst die Stelle angegeben werden, dann erst die Silbe. — Sollte *Rückle* (*M* § 83) bei einem genannten Komplex weiterfahren, so suchte er erst dessen Stelle auf, was für das visuelle Verfahren nötig sei; beim Hersagen der ganzen Reihe dagegen brauchte er nicht zu lokalisieren, da das mit dem Hersagen selbst geschehe. Von der genannten Stelle weiß er sofort den Anfang.

Nagel verglich miteinander die Ersparnis bei totaler Umstellung der Silben verschiedener Reihen, ferner bei einer Umstellung, worin die absoluten Stellen gewahrt waren, und endlich bei einer solchen, wo die unmittelbare Folge der Paare gewahrt war. Wenn man dann die Ersparnis durch Gleichheit des Stoffes vernachlässigt, findet sich für den Stellenfaktor allein eine Ersparnis von 23%; sie ist ungefähr gleich groß oder größer als die aus der unmittelbaren Folge. Bei Versuchen mit Substantiva, die eine sinnvolle Verknüpfung gestatteten, überwogen dagegen die logischen Verknüpfungen. Bei einem zusammenhängenden Stoffe würde das noch mehr gelten. Also hier treten die Stellenassoziationen stark zurück.

§ 7. Neue Elemente.

Literatur. *Kiesow,* Über frei steigende Vorstellungen usw., in ArGsPs 6 (1906) 357 ff. — *Lankes,* Perseveration, in BrJPs 7 (1914/15) 388 ff. — *W. S. Foster,* On the perseverative tendency, in AmJPs 25 (1914) 393 ff.

1. Unbewußte Assoziationsbildungen und Anregungen. Die Vorstellungen in Bereitschaft: Führt *A* wegen einer Assoziation auf *B,* ist aber die Assoziation zu schwach, um *B* wirklich zu wecken, so ist die reproduzierende Kraft nicht gleich ganz verloren, sondern wirkt noch eine gewisse Zeit nach. Denn gelegentlich kommt *B* nachträglich

wegen günstiger Zufälligkeiten ins Bewußtsein. Beispiele sind die Kristallvisionen, worin das Gesuchte bisweilen plötzlich als Illusion gesehen wird. In solchen Fällen sagt man: die betreffende Vorstellung war in Bereitschaft, im Latenzstadium. Sehr häufig wird die endgültige Reproduktion dadurch bewirkt, daß eine Hilfe dazukommt, d. h. eine andere Assoziation mit demselben Endglied, welche die vorige unterstützt. So steht es in vielen Fällen, wo uns ein vergeblich gesuchter Name nachher plötzlich einfällt. Es kommt da zufällig etwas vor, was mit dem Namen auch assoziiert ist. Hält man sich einige Zeit in einem fremden Lande auf, so nimmt oft in wenigen Tagen die Sprechfähigkeit stark zu. Der Grund liegt nicht darin, daß man unterdessen so viel Neues gelernt hätte, sondern weil durch das beständige Hören unser längst vorhandener Vorrat in hohe Bereitschaft versetzt wird. Hat man länger der Erzählung von Anekdoten zugehört, so fällt einem vieles Zugehörige ein.

Die so bereitgestellten Glieder können nun auch untereinander Assoziationen bilden oder verstärken. Das ist die „assoziative Miterregung". War *a* mit *b* assoziiert, und wird jetzt *a c* gelesen, so erfährt *a b* eine Miterregung, indem *b* dadurch in Bereitschaft gesetzt wird oder gar ins Bewußtsein tritt. Die Stärke der Miterregung hängt ab von der Stärke der Assoziation *a b*, sowie von individuellen Eigentümlichkeiten (*MuP* § 23). Schon *Ebbinghaus* wies die Tatsache nach. Wurde aus einer früher gelernten Reihe eine abgeleitete Reihe aller ungeraden Glieder gebildet und wieder gelernt, so zeigte nachher die abgeleitete Reihe der geraden Glieder bei gleicher Wiedererlernung einen Vorteil. Ihre Assoziationen waren offenbar durch das Lernen der ungeraden Glieder angeregt und verstärkt worden. *Müller* und *Pilzecker* bestätigten diese Folgerung.

2. Die mittelbaren Assoziationen. Wenn in getrennten Reihen die Assoziationen *a b* und *b c* gebildet worden sind, ohne daß *a* und *c* je gleichzeitig im Bewußtsein waren, so spricht man von einer mittelbaren Assoziation, wenn später beim Lesen von *a* das *c* auftauchte, ohne daß *b* bewußt wurde.

Scripture bot zwei Reihen von je vier Paaren, bestehend aus einem sinnlosen Wort und einem unverständlichen japanischen Schriftzeichen. Es war so eingerichtet, daß dasselbe Schriftzeichen auf zwei Karten mit zwei verschiedenen sinnlosen Silben zusammen vorkam. Er bot dann später ein beliebiges der sinnlosen Wörter und ließ angeben, was zunächst dazu einfiel. In 41 Fällen stellte sich das durch das gleiche Schriftzeichen verbundene Wort ein, während der bloße Zufall bloß 35 Übereinstimmungen erlauben würde (was kein beweisender Unterschied ist). *Münsterberg* wiederholte die Versuche in verschiedenster Weise, kam aber regelmäßig zu negativen Resultaten, ebenso *Howe* und *Smith*. *Cordes* nimmt an, daß das Mittelglied, wenn auch nicht bemerkt, so doch bewußt gegeben sei. *Müller* fand bei seinen vielen Versuchen nur vier Fälle, wo man zunächst an eine vermittelte Assoziation denken würde; doch sei eine andere Deutung nicht unmöglich. Er betrachtet deshalb die mittelbaren Assoziationen als noch nicht hinreichend sicher bewiesen. *Atherton* und *Washburn* (AmJPs 23 [1912] 101 ff.) lassen auf ein Reizwort mit einem Wort antworten, das nicht mit ersterem assoziiert ist. So fanden sie 12 % Fälle, wo das Mittelglied nicht bloß unbeachtet, sondern überhaupt unbewußt war. Wenn ein sonst guter Beobachter keine Spur des Mittelgliedes in sich entdecken könne, nehmen sie sofort eine mittelbare Assoziation an.

Die physiologische Erklärung würde hier allerdings keine große Schwierigkeit bieten. Es wäre denkbar, daß das von *a* angeregte nächste Glied *b* nicht zum Bewußtsein käme, dagegen infolge einer günstigen Konstellation das von ihm an-

geregte Glied *c*. Indessen ist die Tatsache hier nicht gesichert. Es kann immer sein, daß das Mittelglied zwar bewußt war, aber erst später oder nie entdeckt wird, was dann fälschlich einen Beweis vortäuscht.

3. Die Perseverationstendenz. Nach *Müller* (*MuP* § 10 11) steigt eine Vorstellung nicht nur dann auf, wenn sie durch eine Assoziation geweckt worden ist, sondern jede bewußt gewesene Vorstellung hat hinterher die Neigung, wieder von selbst ins Bewußtsein zu steigen, und das um so stärker, je intensiver sie ist und je öfter sie dagewesen ist. Diese Neigung kommt um so leichter zur Geltung, je weniger das Bewußtsein sonst in Anspruch genommen wird. Das ist die Perseverationstendenz.

a) Allgemeine Tatsachen, die dafür sprechen. Oft kann man eine Melodie nicht loswerden, die einen interessiert hat; wenn man sich sehr intensiv mit einer wissenschaftlichen Frage beschäftigt hat, denkt man nachher bei allen möglichen Gelegenheiten wieder daran. Dahin gehören auch die Wiederholungsempfindungen und gewisse Halluzinationen, wie wenn ein Gegenstand, der sehr in Schrecken versetzte, später öfter wieder gesehen wird. Auch in der motorischen Einstellung zeigt sich die Erscheinung. (*MuS:*) Öftere Tätigkeit hat zur Folge, daß in gewissen Zentren eine Einstellung zur automatischen Wiederholung oder Fortsetzung dieser Tätigkeit entsteht. Am auffallendsten ist die Perseveration bei Geisteskranken. *Liepmann:* Der Kranke wiederholt ein Wort, eine Bewegung, auch wenn er Neues beabsichtigt, immer wieder. Ein Kranker sagt statt aller Worte „Zunge", schrieb es auch statt aller Worte. *Liepmann* erklärt das so: Einer neuen Leistung stellen sich Hindernisse in den Weg, weshalb die Erregung auf die alte Bahn gerät. Über besonders schwere Fälle dieser Art berichtet *Pick* (ZPs 42 [1906] 241): Ein Kranker bezeichnet das Papiermesser als Feder, will damit zum Schreiben in die Tinte eintauchen. Einen Schlüssel betrachtet er auch als eine Feder; auf die Vorhaltung, das sei keine Feder, bestätigt er, daß keine Feder daran steckt, hält ihn also für einen Federhalter. Eine Schere taucht er mehrere Male in Tinte ein und wundert sich, daß sie nicht schreibt. Hier besteht die Perseveration nicht bloß im Haften der Benennung, sondern auch in einer Erkenntnisstörung, einer Verkennung des neuen Gegenstandes im Sinne des vorigen Objektes, das sich allem folgenden unterschiebt.

In den Gedächtnisversuchen fand *Müller* als Perseverationserscheinungen unter anderem: Bisweilen wird eine Silbe genannt, die unmittelbar vorher vorgekommen war, oder es tritt gewohnheitsmäßig eine Aushilfssilbe immer wieder auf. Junge Silbenreihen zeigen unter den falschen Silben mehr reihenrichtige Silben (d. h. solche, die wenigstens in die Reihe hineingehören) als alte Reihen. Das erklärt sich daraus, daß bei kürzerer Zwischenzeit die Perseverationstendenz stark mitwirkt. Die Versuchspersonen können deshalb, wenn die Hauptassoziation versagt, noch andere Silben der Reihe liefern. Daß die Reproduktionszeit junger Assoziationen kürzer ist, erklärt sich ebenfalls durch das nur anfangs starke Mitwirken der Perseverationstendenz.

b) Abarten der Perseverationen: Nach *Foster* wird oft nicht unterschieden, ob das Element, dem man Perseveration zuschreibt, erst unbewußt ge-

worden war und dann wieder auftaucht, oder ob es die ganze Zeit im Bewußtsein verharrte. *Jung* und *Riklin* meinen gerade den letzteren Fall; andere rechnen beide hierhin, während *Meumann* und *Ebert* bloß das Wiederauftauchen darunter verstehen. Nur für den letzteren Fall besteht die Schwierigkeit zu erklären, auf welchem Wege das abwesende Glied ohne assoziative Vermittlung auftauchen konnte.

Die Perseveration wird von *Stein* und *Witasek* auch auf die Gefühle ausgedehnt, während man gewöhnlich das Gefühl eher als Mitursache für die Perseveration einer Vorstellung betrachtet; daß einen etwa eine Melodie verfolgt, ein unangenehmer Brief in der folgenden Arbeit stört, wird an dem erregten Gefühl liegen. Nahe verwandt mit perseverierenden Vorstellungen sind automatisierte geistige oder körperliche Tätigkeiten, z. B. das Wiederholen oft geübter Handgriffe, wo sie nicht passen. Dagegen ist es nach *Foster* keine Perseveration zu nennen, wenn in der Rede bestimmte Verlegenheitssilben immer wiederkehren. Diese schließen sich ja nicht an unmittelbar vorher gelernte Silben an, sondern sind natürliche Reaktionen auf gewisse geistige Zustände, etwa des Suchens.

Allgemein wird die Persistenz, die Neigung, folgende Tätigkeiten den früheren anzugleichen, die aber zugleich der augenblicklichen Aufgabe entsprechen, von der Perseveration geschieden: wenn man z. B. in einer Reihe von Assoziationsreaktionen (worüber Kap. 4) alle Reizworte als Klangbilder auffaßt oder immer Reime bildet. Hier verharrt eine bestimmte Art der Aufgabenlösung. *Wreschner:* Auf das Reizwort „Zweifel“ wurde geantwortet mit „daran“; dann auf das Reizwort „Grund“ mit „dafür“. Hier verharrt die Form oder inhaltliche Beziehung zwischen zwei Vorstellungen. *Koffka* rechnet diese Fälle unter die latenten Einstellungen. Es ist dann zufällig eine Lösungsart der Aufgabe entdeckt worden und wird später (als solche unbewußt) länger festgehalten, da nichts anderes einfällt. Wenn beim Reimen dieselben Buchstaben wiederkehren, ist das nach *Lewin* keine wahre Perseveration; denn es besteht keine Neigung, auch nach der Reaktion noch dieselben Buchstaben wiederzubringen, sondern es fällt bloß bei der Lösung nichts anderes ein, was eine Neigung dieser Buchstaben, von selbst aufzutauchen, vortäuscht. Es handelt sich mithin um die Annahme einer Lösungsart, die der Absicht der Aufgabe durchaus entspricht. Perseveration im engeren Sinne wäre es nach *Koffka* erst, wenn die Lösungsart auch dann verharrt, wo sie unpassend geworden ist. Ähnliches gilt von den Übergangsfällen, daß in der Reaktion auf das Reizwort die Form oder der Rhythmus von diesem unbewußt verharrt, worin wieder eine Art Einstellung liegt (darüber später). Gewiß liegt etwas Gemeinsames darin, daß ein ganzes Wort oder ein Element des Wortes, wie Form, Rhythmus, eine Beziehung zwischen Worten usw. verharrt. Aber das bietet nichts Auffallendes, wenn das Vorbild noch im Bewußtsein steht und sich der Absicht als passend darbietet; wohl dagegen, wenn es ohne assoziative Vermittlung frei zu steigen scheint, worüber wir hier handeln.

c) Die Gesetzmäßigkeiten der Perseverationstendenz. Die Perseverationstendenz macht eine Störung des Gedankenlaufes weniger schädlich. Ohne sie würden wir nach der Störung den unterbrochenen Gedankengang nur dann richtig fortsetzen, wenn zufällig mehrere Glieder desselben uns wieder ins Bewußtsein gebracht würden. Nun aber steigen die unmittelbar vorhergegangenen Gedanken nachher von selbst wieder auf. Auch das ist nützlich, daß die jüngsten Assoziationen einen gewissen Vorteil vor den älteren haben; die alten Assoziationen sind oft sehr viel stärker; deshalb müssen die jüngeren, um überhaupt wirken zu können, eine Unterstützung erhalten, die ihnen durch die Perseverationstendenzen zuteil wird.

In der Ausbildung der Perseverationstendenz bestehen individuelle Unterschiede. Bei einigen ist die Perseverationstendenz stärker, die Assoziation schwächer, der Typus P; bei andern umgekehrt die Perseverationstendenz

schwach, die Assoziation stark, der Typus *A*. Der Typus *P*: Beim Lesen von Silbenreihen können die Betreffenden nicht umhin, nachher noch länger an einzelne Silben zu denken; alle Gedankenreihen, die sie stark beschäftigen, klingen lange nach. Es ist ihnen schwer, neuen Gedanken sofort die ganze Aufmerksamkeit zu widmen: sie kommen erst allmählich in Zug. Ein Vorteil davon ist, daß sie ihre Gedanken leicht festhalten können, durch eine kurze Störung nicht dauernd abgelenkt werden, indem die Gedanken nachher gleich wiederkehren. Sie sind nicht geeignet für Berufe, welche schnellen und häufigen Wechsel der Aufmerksamkeit, schnelle Erledigung zahlreicher, verschiedenartiger Geschäfte verlangen. Der Typus *A* dagegen zeigt kein starkes Nachklingen der gelesenen Silben. Bei einer neuen Sache sind sie schnell dabei, anderseits ist es ihnen nicht natürlich, standzuhalten, über einen Gegenstand dauernd nachzugrübeln. Ein Individuum vom Typus *A* wird einen allgemeinen Vorsatz, in nächster Zeit eine bestimmte Handlung auszuführen, leicht vergessen (daher vergeßlich heißen, trotz „guten Gedächtnisses"), ein solches vom Typus *P* nicht so leicht. — Die beiden Typen sind übrigens, wenn man bloß ihre positive Seite ins Auge faßt, nicht miteinander unverträglich. Es kann jemand eine starke Perseverationstendenz haben und zugleich an Assoziationsstärke andere von schwacher Perseverationstendenz weit übertreffen.

Naheliegend ist der Zusammenhang mit der „zerebralen sekundären Funktion", die *O. Groß* (1902) aufstellte: Die Vorstellungsgrundlage verharrt nach dem Verschwinden der Vorstellung noch längere Zeit im Zustand einer Nachfunktion; diese hat kein direktes Korrelat im Bewußtsein mehr, ist aber maßgebend für die weitere Richtung der Assoziationstätigkeit. — *Heymans* und *Brugmans* (ZAngPs 7, 317 ff.) unterscheiden dementsprechend Primär- und Sekundärfunktionierende (Pr, S). Bei den S ist z. B. die Flimmergrenze bei Farbenmischungen viel kleiner (360 Drehungen in der Minute gegen 560 bei den Pr); jeder Eindruck hält bei ihnen länger an. Wenn man eine Scheibe blendend beleuchtet und dann plötzlich auf ebenmerkliche Beleuchtung heruntergeht, dauert es bei den S 7,7", bis sie diese Helligkeit erkennen, bei den Pr 5,1". Ähnlich wird eine Weckeruhr, deren Ticken eben hörbar ist, nach einem längeren starken Geräusch von den S erst nach 4,2" gehört, von den Pr nach 2,3". Die motorische Perseveration wurde geprüft, indem fünf Buchstaben möglichst schnell in einer bestimmten Reihenfolge zu schreiben waren, dann längere Zeit in einer geänderten Folge und nun die Differenz der Leistungen in den benachbarten Phasen bestimmt wurde: da brauchten die Buchstaben der zweiten Folge bei den S 7,4" mehr, bei den Pr 5,2" mehr. Sätze, welche leicht zu Versprechen Anlaß geben, lieferten dieses bei den Pr 2,5mal, bei den S 4,9mal. — *Heymans* macht diesen Gegensatz zu einem der Angelpunkte der Temperamenteneilung. Dort (Abschnitt 9) werden wir die tiefgreifenden Zusammenhänge dieser seelischen Anlagen genauer kennen lernen. — *Lankes* hat manche dieser Korrelationen bestätigt und neue geprüft. So ist die angenehme Geschwindigkeit der Fingerbewegung beim *P*-Typus etwas langsamer. Sich folgende ähnliche Vorstellungen vermischen sich leichter; die intellektuellen Leistungen gehen zurück, wenn man sie in kurzer Zeit über verschiedene Gegenstände sich folgen läßt. Alle diese Tests haben eine positive Korrelation mit der aus der Selbstbeobachtung festgestellten Perseveration (die man aus dem Nachwirken von Melodien oder Gedanken, aus der Schwierigkeit der Anpassung an neue Arbeit usw. erkennt).

Die Perseveration wird durch Ermüdung verstärkt. Nach *Müller* ist nicht anzunehmen, daß diese Wirkung auf einem wirklichen Wachsen der Perseverationstendenz

beruhe, sondern vermutlich auf einer Abnahme der Wirksamkeit der Assoziationen (vielleicht genauer: der Herrschaft über die Vorstellungen [vgl. S. 544]). Damit hängt zusammen, daß im Zustand höchster Erschöpfung in manchen Geisteskrankheiten die Perseverationstendenz in einem ungewöhnlich hohen Grade auftritt. Auch der Gedankenlauf im Traum weist die Perseverationstendenzen relativ stärker auf; darauf beruht wohl seine Zusammenhangslosigkeit. Ähnliches gilt vom Zustande der Träumerei, z. B. in der Nähe eines Wasserfalles, für viele auch beim Anhören der Musik.

d) Die Natur der Perseverationstendenz. An den vorgebrachten Tatsachen läßt sich nicht zweifeln. Die einzige Frage ist, ob es sich wirklich um einen neuen Mechanismus des Vorstellungslebens handelt, um etwas von der Assoziation gänzlich Verschiedenes. Das wird von den meisten Forschern bestritten. *Wundt* sieht in der Theorie eine erfolglose Auffrischung *Herbart*scher Spekulation. Indessen bestehen doch recht wesentliche Unterschiede. Nach *Herbarts* Psychologie sind die Vorstellungen Wesen, die ohne innere Veränderung teils unter- teils oberhalb der Schwelle des Bewußtseins sich befinden können und im ersteren Falle das Bestreben haben, frei zu steigen. Davon ist hier aber keine Rede. Unter der Bewußtseinsschwelle werden keine Vorstellungen angenommen, sondern nur Dispositionen, die Vorstellungen produzieren können, ohne von assoziierten Dispositionen aus angeregt zu sein. Auch beruht die Annahme *Müllers* nicht auf philosophischen Konstruktionen, sondern auf Tatsachen, welche eine andere Erklärung bis jetzt noch nicht gefunden haben.

Einen Weg für die Erklärung weist wohl die Beobachtung, daß in den Perseverationstendenzen zwei Klassen von Tatsachen vorliegen, die eine verschiedene Erklärung zulassen können: die Fälle des Nachklingens innerhalb der allerersten Folgezeit und die des späteren Auftauchens, der eigentlichen Perseverationen ohne ersichtliche assoziative Vermittlung.

α) Die Perseverationstendenz während der allerersten Zeit ist einfach die Eigentümlichkeit des Bewußtseinsinhaltes, nicht plötzlich zu verschwinden, sondern eine Zeit lang gegenwärtig zu bleiben. Was in dem gleichzeitig gegenwärtigen Bewußtseinsinhalt bevorzugt wird, hängt nicht von den Gesetzen der Assoziation, sondern von denen der Aufmerksamkeit usw. ab. Bevorzugt sind da unter anderem Inhalte, die uns stark beschäftigen, die Gefühle erregen. Hierin werden die perseverationsähnlichen Erscheinungen der Assoziationsreaktionen ihre Erklärung finden.

Die Dauer dieser Perseveration ist nach *Jesinghaus* klein, nur Stimmungen dauern länger an. Die Messung des Bewußtseinsumfanges unter besonders günstigen rhythmischen Bedingungen ergab 20″, unter gewöhnlichen Bedingungen für Schallfolgen, die in eine Einheit zusammengefaßt werden, etwa 5″ (*Jesinghaus*). Dieselbe Erscheinung haben wir wohl in den pathologischen Fällen, wo das Bewußtsein ungewöhnlich starr ist, nicht mehr weiterzugehen vermag. — Daß auch kurz nach der ersten Periode noch eindringliche Inhalte besonders häufig auftauchen, ist ebenfalls assoziativ begreiflich. Dieselben haben schon vorher die Aufmerksamkeit stark beschäftigt und deshalb viele Assoziationen mit den folgenden Bewußtseinsprozessen gebildet. Deshalb ist es nicht wunderbar, daß sie von letzteren aus in der Folgezeit noch leicht geweckt werden. Daß bei der bald folgenden Prüfung einer eben gelernten Reihe besonders eindringliche Silben an falscher Stelle auftauchen, ist daraus begreiflich, daß die Assoziationen nicht kettenartig nur eben durch das Bewußtsein hindurchziehen, sondern die ganze Reihe in einem Gesamtbild gegenwärtig sein kann, worin sich das besonders Auffallende eher geltend machen wird als das, was die richtige Reihenfolge verlangt.

β) Schwieriger wird die Frage für die späteren Perseverationen, besonders nach Stunden. *Titchener* gibt die Erklärung: Die Wiedergabe einer Vorstellung hängt nicht bloß von einer assoziativen Verknüpfung ab, sondern auch von der Einprägung; *a* mag mit *b* schwach assoziiert sein; trotzdem kann *b*, wenn es einen starken Eindruck gemacht hat, fast von selbst auftauchen. Es bleibt hier dunkel, wie die Stärke der Einprägung unabhängig von der Stärke der Assoziation eine selbständige Bedingung der Reproduktion sein könne! — *Offner* bietet eine andere Möglichkeit: Es ist Bedingung für die Stiftung einer neuen Assoziation, daß eine Erregung sich frei nach allen Seiten ausbreite, auch ohne schon disponierte Leitungsbahn. Also ist es möglich, daß eine Disposition von anderswoher angeregt werde ohne eigene Assoziation dahin. — Gewiß ist das denkbar; aber das wäre Weckung einer Disposition aus rein körperlicher Ursache, die, wie wir sehen werden (Abschnitt 6), schon für eine einfache extensive Wahrnehmung ungenügend ist.

Es ist deshalb immer wieder versucht worden, die Perseveration irgendwie auf Assoziation zurückzuführen. *Ebbinghaus* wies auf die mittelbaren Assoziationen hin, also durch unbewußt gebliebene Mittelglieder. — Indessen haben wir gesehen, daß der Nachweis dieser mittelbaren Assoziationen noch völlig aussteht. *Kiesow* hatte in seiner Gattin eine Versuchsperson, welche die frei steigenden Vorstellungen ungewöhnlich häufig zeigte und darüber Buch führte. In einem halben Jahre wurden so 193 Fälle gesammelt, in denen die Assoziation sich nachher auffand, 152, in denen sie unsicher blieb, und 547, in denen sie nicht zu finden war. In diesen 61 % nicht gefundener Erklärung war nach der Überzeugung der Beobachterin das Mittelglied auch im Bewußtsein vorhanden, nur konnte es nicht mehr gefunden werden. Für die Richtigkeit der Überzeugung spricht, daß die Vermittlungen in den sichergestellten Fällen oft unscheinbare Kleinigkeiten waren, von kurzer Dauer und geringer Intensität, so daß ihr Verlorengehen leicht begreiflich erscheint: z. B. ein eben geschriebenes Wort, ein Geruch, eine Farbe, ein Geräusch, oder sein Rhythmus, seine Melodie, der Regen, das Zwielicht, das körperliche Unbehagen usw. So trat plötzlich das Bild von Tanzstunden vor langen Jahren auf; Vermittler war das Wort Chinin, das an eine damalige Krankheit erinnerte. Besonders häufig wurde Veränderung des Gemütszustandes festgestellt. Dann war im Text regelmäßig ein Wort nachzuweisen, das mit einer der veränderten Stimmung entsprechenden Erfahrung assoziiert war. *Kiesow* schließt aus allem, daß es sich immer um Mittelglieder im Bewußtsein gehandelt habe. Ähnlich findet *Foster* in eigenen Versuchen keinen Fall, wo die Perseveration jede andere Vermittlung ausschloß. Wenn eine Silbe später von selber kam, war es immer als Teil eines größeren Ganzen. Er weist als Vermittler auf unbekannte Assoziationen hin, wie kinästhetische und Organempfindungen, starken Eindruck, Nebenassoziationen, Stellenassoziationen, bisweilen auch Verharren im Bewußtsein. — Freilich bleibt die Frage, wie es dann zu einem Typus *P* mit schwachen Assoziationen kommen kann. Man hat hingewiesen auf Assoziationen mit der Gesamtsituation, die beim Typus *P* stärker sei als beim Typus *A*. *Müller* antwortet darauf: beim Typus *A* beweisen die Trefferzahlen viel stärkere Assoziationen als beim Typus *P*; warum ist da nicht auch die Assoziation mit der Gesamtsituation stärker? — Immerhin bleibt die Möglichkeit, die Perseveration auf Assoziation unter besondern Umständen zurückzuführen, die typisch schwanken.

Besonders aussichtsvoll erscheint es, als Vermittler der Perseverationen an Stimmungen zu denken, deren langes Anhalten und unvermitteltes Wiedererstarken schon längst bekannt ist und in der Theorie der Gefühle seine Erklärung verlangt. So kann eine gewohnheitsmäßige Aushilfssilbe erscheinen, weil das Stocken bei der Hersagung immer denselben Gefühlston weckt, an den sich diese Silbe assoziiert hat. Gefühlsbetonte Vor-

stellungen kehren auch sonst besonders leicht wieder und zeigen da ganz den Charakter frei steigender Vorstellungen. Besonders nahe liegt diese Erklärung, wenn die Vorstellung, wie gewöhnlich, stärker gefühlsbetont ist, eine packende Melodie, eine drängende Aufgabe, an die man sich erinnern will und die, vermutlich durch diese Stimmung erhalten, sich von Zeit zu Zeit meldet. Es ist wohl verständlich, daß nicht jeder, trotz gleich guten Gedächtnisses, gleich stark von solchen Gefühlen festgehalten wird, also hier eine typische Verschiedenheit von der rein assoziativen Begabung vorliegt. Nach der später zu behandelnden Grundteilung von *Heymans* ist bei der Anlage zu Perseverationen (seiner Sekundärfunktion) nicht so sehr die Disposition zu starkem Gefühl maßgebend, sondern zur Dauer, zum Nachhängen von Gefühlen, Interessen, Plänen usw., was er als elementare, von der Emotionalität geschiedene Seeleneigenschaft betrachtet.

Erscheint es so annehmbar, daß die Perseverationen auf gewisse Besonderheiten des assoziativen Zusammenhanges zurückführbar sind, so schließt das nicht aus, diesen eigentümlichen Komplex mit seinen klar ausgeprägten Eigenschaften als Perseveration den übrigen Zusammenhängen gegenüberzustellen.

Drittes Kapitel.

Das Zusammenwirken der Assoziationen zum Lernen.

§ 1. Die Hilfen.

1. Die Konstellation. Mehrfache Assoziationen mit gemeinsamem Endglied, sogenannte „gleichgerichtete Assoziationen“, unterstützen sich gegenseitig. Gewöhnlich verdankt eine endgültige Vorstellung ihr Dasein einer großen Schar von Assoziationen, die in ihr das gemeinsame Endglied besitzen. Dabei brauchen die die Reproduktion befördernden Glieder nicht alle im Bewußtsein gesondert hervorzutreten. In einer physikalischen Abhandlung verstehe ich das Wort Arbeit durch den ganzen Zusammenhang, der mir nur unvollkommen gegenwärtig ist, sofort anders wie sonst. Auch wird eine Vorstellung schneller reproduziert, wenn sie durch andere in Bereitschaft gesetzt worden ist. Die Begünstigung, welche eine Vorstellung durch das Vorhandensein anderer Vorstellungen erlangt, heißt die Konstellation. Oft kann ein Vorgang lange unter der Schwelle wirken, bis er später einen andern übermerklich machen hilft. So in dem oft erwähnten Beispiel von *Wahle*. Eines Tages erinnerte ihn das Rathaus seiner Vaterstadt an den Dogenpalast in Venedig, was ihm bis dahin niemals aufgefallen war. Beim Nachdenken fiel ihm ein, daß er zwei Stunden vorher eine Brosche in Gestalt einer venetianischen Gondel gesehen hatte. Das war die Konstellation gewesen.

Münsterberg bot Worte tachistoskopisch zum Lesen, nachdem er unmittelbar vorher das Bewußtsein durch andere zugerufene Worte in eine gewisse Richtung gelenkt hatte. Er hatte etwa „Eisenbahn“ zugerufen; als dann das Wort „Tumult“

folgte, las die Versuchsperson „Tunnel". Viele ähnliche Versuche mit Konstellationsreizen führte *Kronfeld* aus, der darin bezeichnende Unterschiede zwischen Normalen und verschiedenen Gruppen von Geisteskranken nachweisen konnte. *Poppelreuter:* Ein Element, das sich zunächst aus einem Komplex nicht heraushebt, kann erkannt werden, wenn man es vorher einzeln darbietet. So lernt man die Differenztöne, die Obertöne heraushören. Die kinästhetischen Empfindungen von Muskeln, die immer zusammenwirken, werden gewöhnlich nicht unterschieden. Man kann sie aber dann durch Einzelreizung kennen und so den einzelnen Muskel bewegen lernen. — Praktische Anwendungen (*Müller*): Kinder, die mehrere Sprachen lernen, vermischen dieselben gewöhnlich nicht untereinander. Die Vorstellungen führen immer wieder zu Wörtern derselben Sprache. Jede Lage und Beschäftigung strebt die Seele bei sich festzuhalten und vor Zerfahrenheit zu bewahren.

Gleichlautende Worte wirken anders, wenn man auf verschiedene Sprachen eingestellt ist. Durch Konstellation versteht man sofort die Bedeutung eines mehrdeutigen Wortes, versteht man eine Rede, von der viele Bestandteile nicht genügend gehört werden. Die Wirkung des Violin- oder Baßschlüssels beim musikalischen Lesen bedeutet eine unterschwellige verharrende Erregung, die zu einem bestimmten Ziele drängt. Unsre Gedanken gehen andere Wege, wenn wir liegen, stehen oder sitzen, nach unsern körperlichen Zuständen, nach der Tagesstunde, der Jahreszeit; unsre ganze Umgebung wirkt konstellierend auf uns ein (*Offner*).

Betrachtet man von mehreren gleichgerichteten Assoziationen eine als die Hauptassoziation, etwa die von dem eben genannten *a* nach dem gemeinsamen *b* gehende, so werden alle andern als deren Hilfen bezeichnet.

2. Die Arten und die Verwendung der Hilfen beim Lernen (*M* § 99—101). a) *Müller* unterscheidet drei Hauptgruppen: 1) die unmittelbare Förderung der richtigen Reproduktion. Zwischen nahen Gliedern der Reihe ist früher eine Assoziation gebildet worden, die nun das Lernen erleichtert, und zwar ohne jetzt als solche aufzufallen; z. B. 2, 3, 4 nacheinander in einer Zahlenreihe, *c, k* in einer Buchstabenreihe erleichtern deren Lernen. Wenn zwei Komplexe ein gemeinsames Glied haben, kann durch die initiale Reproduktionstendenz der zweite Komplex erleichtert werden. So wirkt der Reim, die Alliteration. *Lambrecht* (ZPs 71 [1915] 1 ff.) ließ Formen einprägen, teils für sich, teils in Verbindung mit Silben; dabei hatte teilweise dieselbe Form immer die gleiche Farbe, teilweise verschiedene, ohne daß auf die Farbe zu achten war. Die Formen in immer gleicher Farbe wurden regelmäßig besser wiedererkannt, die Assoziation von Farbe und Silbe war dann stärker.

2) Die unmittelbare Beeinflussung der Auffassung der Reihenglieder. Die Hilfe erhöht die Aufmerksamkeit auf mehrere Reihenglieder, erleichtert ihre Zuordnung. Es lassen sich ja mehrere Glieder wegen ihres Klanges, ihrer Form leichter zu einem Komplex verbinden. Ist ein Glied zufällig ein sinnvolles Wort, so zieht es die Aufmerksamkeit stärker an. Zwei gleiche Zahlen fallen auf, der Blick geht auf die andere zurück; die Ähnlichkeit stört zunächst, aber deshalb wird dann die Aufmerksamkeit erregt, und sie werden stärker eingeprägt. Das eine ähnliche Glied setzt das andere spätere in Bereitschaft.

3) Die reproduktiven Hilfserscheinungen. Ein Glied weckt etwa eine Nebenvorstellung, die nachher auftaucht und es wieder reproduziert. Oft ist die Hilfe den zwei Gliedern *a, b* ähnlich, sie wird dann später durch *a* geweckt und weckt selbst *b*. Oder die Nebenvorstellung ist eine inhaltliche Beziehung zwischen *a* und *b*; z. B. daß ein Zahlenkomplex das Doppelte eines andern Komplexes ist. Andere

Male dient die Hilfe nur, um die Ordnung zwischen schon gewußten Gliedern zu sichern: die Folge blau-grau wird daran gemerkt: *b* kommt vor *g*. Bisweilen werden die Wörter durch Flickwörter zu einem Satze verbunden. Oder es wird eine Beziehung zwischen dem Gliede und seiner Stelle gemerkt, z. B. „*z* ist auch der Schluß der Reihe“.

Gewöhnlich meint man mit Hilfen diejenigen Fälle, bei denen eine eigene Hilfsvorstellung dazutritt. Eine besondere Art derselben sind die Symbole, das Auftreten von Elementen, die eine gleiche Nebenwirkung, eine gleiche Stimmung usw. erzeugen. Eine fallende Linie veranschaulicht etwa die Abnahme der Eindringlichkeit.

b) Die Bedeutung der Hilfen beim Lernen. Die Hilfen dienen oft dazu, den Zusammenhalt eines Komplexes zu erhöhen oder zwei Komplexe zu verbinden oder eine Stellenassoziation zu finden usw. Das nachträgliche Bewußtsein einer Hilfe kann das Richtigkeitsbewußtsein stärken. Gelegentlich sind Hilfen freilich auch nachteilig. Ihretwegen kann die Auffassung der Hauptglieder zu flüchtig werden.

Ob durch die Hilfen die Reproduktionszeit verkürzt wird oder nicht, ist umstritten. *Balaban* fand, daß die Trefferzeiten bei logisch verbundenen Wortpaaren länger waren als für mechanisch gelernte; ähnlich *Michotte* und *Ransy*. Dagegen fand *Ephrussi* bei den unterstützten Reaktionen durchschnittlich kürzere Zeiten. Nach *Balaban* hängt dieses Resultat von der Art der Hilfe ab. Ist sie ein zwischengeschobenes drittes Glied, so verlängert sie leicht die Zeit; werden dagegen durch sie die verbundenen Glieder als einziges Wort aufgefaßt, so verkürzt sie die Zeit. Auch wenn ein Glied dazwischengeschoben wird, kann die Zeit verkürzt werden, wenn dessen Assoziationen sehr stark sind. Weiter ist das, was unter Hilfe verstanden wird, nicht immer dasselbe. *Ephrussi* rechnet dazu alles, was die Aufmerksamkeit auf die Glieder erhöht, *Michotte* nur eingeschobene Bewußtseinszustände.

c) Die Wahl der Hilfen und ihre Art hängt von manchen Umständen ab. Bei akustischer Vorführung des Stoffes treten die Klangähnlichkeiten besonders hervor, bei visueller der symmetrische Bau, die Beziehung auch entfernter Glieder. Die Art der Hilfe hängt neben dem Typus vom persönlichen Gedankenkreis, Wissensschatz usw. ab. Ein Philologe hat viele Hilfen bei sinnlosen Silben, ein Mathematiker bei Zahlenreihen. Auch ist die Neigung zur Aufsuchung von Hilfen individuell sehr verschieden: der ingeniöse Typus besitzt sie stärker. Am stärksten zeigen sich die Hilfen bei sinnvollem Material; sie ergeben sich da aus der gedanklichen Verarbeitung, aus den syntaktischen Regeln, Redewendungen usw.

§ 2. Die Hemmungen.

1. Die rückwirkende Hemmung läßt sich in dem Satze aussprechen: Jede intensive geistige Beschäftiguug vermindert die Stärke der unmittelbar vorher gestifteten Assoziationen.

Müller und *Pilzecker:* Eine Hauptreihe war zwölfmal gelesen worden; dann kam eine Pause, in der während 2′ eine Nachreihe mit angestrengter Aufmerksamkeit gelesen wurde. Nach 8′ wurde geprüft. Das Mittel aus 50 Versuchen war: Trefferzahl $r = 0{,}27$; die Trefferzeit $T = 3230\,\sigma$. Dasselbe Experiment wurde wiederholt, wobei jedoch die Nachreihe ausgelassen wurde. Diesmal war $r = 0{,}55$; $T = 1070\,\sigma$. Also das Resultat der Reihe, auf die eine 2′ lange Anstrengung folgte, war bedeutend ungünstiger. Auch kam die Versuchsperson von selbst auf die Überzeugung, eine intensive Beschäftigung direkt nach der Erlernung schädige diese. Die Störung liegt nicht etwa daran, daß die Nachreihe in die Hauptreihe hineingeraten wäre. Denn nahm man als geistige Beschäftigung eine intensive Betrachtung und Beschreibung von Bildern, wieder während 2′, so war die Schädigung

völlig gleich der durch die Nachreihe verursachten. Beide Versuche wurden auch durch die Ersparnismethode bestätigt.

Die rückwirkende Hemmung fällt um so schwächer aus, je später die Nachtätigkeit der Hauptreihe folgt. Was nach einer Viertelstunde geschieht, scheint nicht mehr von Belang. Auf dieser Hemmung beruht die Bedeutung der Pausen im Unterricht und die Unzweckmäßigkeit, sie durch intensive geistige und körperliche Beschäftigung wirkungslos zu machen. Versuche von *E. Meyer* (bei *Ach*) wiesen dieselbe rückwirkende Hemmung auch für gleichzeitige Assoziationen nach. Auf denselben Grund ist es zurückzuführen, daß (nach *Piéron*) eine Reihe durch weniger Wiederholungen gelernt wird, wenn die einzelnen Lesungen durch Pausen voneinander getrennt sind. Für die Erlernung einer Reihe von 20 Ziffern waren 11 Lesungen nötig, wenn die Zwischenpausen der Lesungen 30″ waren; dagegen genügten 4—5 Lesungen bei Zwischenpausen von 20′. Die Mindestzahl der Wiederholungen wurde bei Pausen von etwa 10′ erreicht und blieb für längere Pausen bis 24 Stunden ziemlich gleich. *Th. Moore:* War als Hauptaufgabe in einer Reihe Figuren eine gemeinsame aufzusuchen und waren nachher daneben auch alle erinnerten Figuren anzugeben, so wurde weniger behalten, wenn das gemeinsame Element entdeckt worden war. Da hat wohl die intensive Nachtätigkeit das vorher Erlernte geschädigt.

Diese Hemmung ist nicht dadurch zu erklären, daß man in der Pause an die Tätigkeit des Lernens weiter denkt, was ausgeschlossen werden konnte; ebensowenig durch die größere Ermüdung bei der Prüfung, da die Prüfung bisweilen erst nach 24 Stunden erfolgte. Man muß annehmen, daß nach dem Lesen physiologische Vorgänge mit abnehmender Stärke nachdauern, welche zur Einprägung der gestifteten Assoziationen dienen. Diese Vorgänge werden offenbar geschwächt, wenn eine intensive geistige Beschäftigung eingreift. Eine starke Inanspruchnahme des Gehirns nach einer Seite setzt dessen gleichzeitige Leistungen nach andern Seiten herab.

Müller vermutet, daß diese Einprägungsvorgänge dieselben sind, welche die Perseverationstendenzen darstellen. Diese klingen ja ebenso einige Minuten lang nach. Auch nach *Lehmann* zeigen sich die zentralen Nachbilder so stark, daß sie noch 12′ nach dem Erlernen durch das Nachlernen einer andern Reihe merklich gestört wurden; sie werden also ungefähr nach 20—30′ abgeklungen sein. Wenn man, wie wir, die Perseveration der allerersten Zeit mit dem längeren Haften der Inhalte im Bewußtsein oder ihrem häufigeren Wiederauftauchen gleichsetzt (S. 562), ist das leicht verständlich; das wirkt dann einfach wie eine längere Dauer oder häufigere Wiederholung des einzuprägenden Stoffes, welche durch eine Störung beeinträchtigt wird.

Das Nachreifen des eben Gelernten, seine „Fixation“ läßt sich unter Umständen auch direkt beobachten. *Ballard* fand in Versuchen mit Tausenden von Kindern, daß, wenn ein Stoff unvollkommen gelernt war, die sofortige Prüfung nicht so viel ergab wie eine unerwartet einige Tage später vorgenommene zweite Prüfung. Vom Inhalt des Gelernten geht etwas verloren (das Sinken), statt dessen tritt aber anderes neu auf (das Nachsteigen, wie wir *Ballards* „reminiscence“ wiedergeben wollen), häufig

so, daß ein Überschuß über die erste Hersagung herauskommt. Sechsjährige zeigten im Durchschnitt etwa 50% oder mehr Verbesserung bei der zweiten Prüfung, Zwölfjährige 10—20%, Zwanzigjährige fast keine. Der Gewinn durch Nachsteigen ist nach etwa zwei Tagen am größten. Doch war bei Sechsjährigen selbst nach 14 Tagen noch bedeutender Gewinn zu verzeichnen. Wenn man nicht relativ, sondern absolut mißt, werden die Resultate etwas anders, weil mit dem Alter auch der Lernbetrag stark zunimmt. Kinder von 6, 12, 15 Jahren lernten von einem Gedicht in einer Viertelstunde 4, 14, 20 Zeilen. Nach zwei bis drei Tagen Pause waren die 4 zu 6, die 14 zu 17, die 20 zu 22 oder 23 angewachsen. Das Nachsteigen ist stärker bei Stoffen, die früher einmal gelernt waren, und ist in dieser Form eine allgemeine Erscheinung; man denke an vergeblich gesuchte Erinnerungen, die am nächsten Tage von selbst kommen. Das Nachsteigen liegt nach der Untersuchung nicht etwa an absichtlichem Nachsuchen in der Zwischenzeit, was nicht viel hilft. Dagegen ist sehr wirksam, wenn nach der zweiten Prüfung nach weiteren Tagen eine dritte folgt. Dieses Nachsteigen wirft ein Licht auf manche früher erwähnte Erscheinungen: den Vorteil der Pausen, das Gedächtnisgesetz von *Aall* (S. 545); es veranschaulicht den Umfang der Tätigkeit, die in den Perseverationen wirkt. Ähnliches hat man auch bei der Erwerbung von Fertigkeiten, wo die Leistung nach längerer Ruhezeit oft ansteigt (*Kräpelin, Bourdon*). *Swift* fand Zunahme der Fertigkeit im Ballspiel nach einer Pause von 30 Tagen usw. *Ebert* und *Meumann* fanden bei Stichproben im Lernen sinnloser Silben bisweilen eine Steigerung der Leistung nach Pausen von 3—5 Monaten, verglichen mit dem Ende der Übungszeit. Da mag eine Störung zurückgegangen sein, eine Ermüdung oder assoziative Hemmungen, wenn man lange mit gleichartigem Material, wie sinnlosen Silben „überfüttert" wurde (vgl. Übung).

Die Erklärung durch Ermüdung, welche die erste Prüfung benachteilige, erscheint *Ballard* hier ungenügend; bei größerer Ermüdung durch längeres Lernen wächst das Ansteigen nicht. Es handelt sich offenbar um ein positives Anwachsen nach dem Lernprozeß. Es scheint, daß jede Prüfung als Reiz für den gelernten Stoff wirkt; die Erregung geht vom Teil auf das Ganze; sie wirkt lange Zeit weiter und stärkt so die Assoziationen.

2. Die assoziativen Hemmungen. Hier handelt es sich um zwei verschiedene Tatsachen, die gewöhnlich gleichzeitig auftreten. Wenn ein Element a schon mit b assoziiert ist und nun dasselbe a mit c assoziiert werden soll, so ist 1) $a\ c$ schwerer zu bilden als sonst; das ist die „generative oder Bildungshemmung", und 2) wird durch Stiftung des $a\ c$ die ursprüngliche Assoziation $a\ b$ geschwächt; das ist die „effektuelle oder Erfolgshemmung".

Die Bildungshemmung macht sich nicht bloß geltend, wenn die alte Assoziation ins Bewußtsein tritt, sondern auch, wenn b nur in Bereitschaft gesetzt wird. *Müller* und *Schumann* (§ 15): Läßt man einzelne Elemente einer früher gelernten Reihe in einer neuen Reihe mitlernen, so tritt die Schwierigkeit der Erlernung besonders am Anfang sehr klar her-

vor. Allerdings konnten diese Forscher keine längere Dauer für die Erlernung nachweisen, sondern sogar noch eine Ersparnis. Das beruht, wie später *Nagel* zeigte, auf dem Entgegenwirken der Bekanntheit des Stoffes, welche die Hemmung überbietet. Wenn *Nagel* die Hauptreihen nicht bis zum bloßen Hersagen lernen ließ, sondern durch überschüssige Wiederholungen stark befestigte, so zeigte sich die Hemmung auch beim Lernen der Umstellungsreihe, das nun einen Mehraufwand verlangte. Ebenso wurde die Hemmung subjektiv um so tiefer empfunden, je stärker die Vorreihe eingeprägt war. Bei den ersten Lesungen ist die Hemmung am stärksten wahrzunehmen, mit fortschreitender Erlernung schwindet sie. Es geht schwer, als ob eine Bremse angezogen wäre. Bisweilen bestand das Gefühl, daß die Verdrängung der alten Assoziationen in dem Augenblick vollzogen sei, wo die Silben ihre neuen Stellungen eingenommen haben; dann erst beginne der eigentliche Einprägungsakt. Sowohl die Hemmung durch die unmittelbaren Assoziationen wie die durch die Stellenassoziationen wurde als störend empfunden. Viel geringer machte sich die Hemmung geltend, wenn die Elemente der Reihe sinnvolle Worte waren. Solche Elemente sind eben schon häufig in den verschiedensten Verbindungen vorgekommen, weshalb die hemmende Wirkung ihrer Assoziationen sehr klein ist. — Nach *Laura Steffens* besteht die Bildungshemmung auch im Gebiet der motorischen Einstellungen.

Die Stärke der Erfolgshemmung hängt von der Stärke der hemmenden Assoziation ab; sie ist besonders stark, wenn letztere überwertig ist. Die eigentlichen Beweise lieferten *Müller* und *Pilzecker* (§ 14 15). Dasselbe bestätigte später *Frings*. *Claparède* gibt als vermutliche physiologische Grundlage dieser Hemmung an: Wenn a sowohl mit b wie c verbunden ist, so wird sich der von a ausgehende Nervenstrom teilen und deshalb für keines von beiden genügende Kraft besitzen. Man mag diese Erklärung wenigstens als Veranschaulichung betrachten.

Anwendungen. Auf der Bildungshemmung beruht die oft ungeheure Schwierigkeit zur Beseitigung übler Gewohnheiten. So kann ein schlechter Unterricht bei Erlernung einer fremden Sprache, einer Fertigkeit oft direkt schädlich wirken. *Offner:* Lernstoffe, deren Anwendbarkeit von einer ganz bestimmten Fassung abhängt (Formeln, sprachliche Regeln, Definitionen, Gesetzesparagraphen), müssen pedantisch immer in dieser Form vorgebracht werden, andere Fassungen sind sorgfältig fernzuhalten. Selbst der Wechsel eines Buches kann ein Nachteil sein. Die unwillkürlich gebildeten Assoziationen mit der Form eines Satzes, dem Format des Buches usw. werden dann nicht ausgenutzt. Wo dagegen die sprachliche Fassung Nebensache ist, das Sachliche die Hauptsache, ist es gut, den Wortlaut öfter zu ändern. Das ist das Berechtigte am Kampfe gegen das Auswendiglernen, d. h. gegen die Bevorzugung der gleichen Worte.

Folgerungen aus dem Bestehen mehrfacher Assoziationen mit gleichem Anfangsglied sind: a) Bei dem Wettstreit zweier überwertiger Assoziationen wird diejenige zuerst reproduziert, welche an sich die kürzere Reproduktionszeit hätte. Darin zeigt sich das Alter der Assoziationen von Bedeutung. Ist die Assoziation $a\ c$ sehr fest, aber älter (etwa 24 Stunden alt), $a\ b$ dagegen vor wenigen Minuten durch wenige Wiederholungen gestiftet, so wird, wenn a gegeben ist, zunächst b folgen; denn der

jüngeren Assoziation kommt eine kleinere Reproduktionszeit zu. Läßt man dagegen einige Zwischenzeit vergehen, so verliert *b* seinen Vorzug, und die Folge dreht sich um; *a c* erweist sich als das, was es ist, die stärkere Assoziation.

b) Die assoziativen Mischwirkungen. Ist *a* mit zwei Komplexen (*mn* und *op*) assoziiert, so kann eine assoziative Mischwirkung (*mo*) zustande kommen. Es kann das daran liegen, daß beide Teile nur partiell überwertig sind und sich so zusammensetzen, oder daß zwei sonst überwertige Tendenzen sich gegenseitig stören. Dahin gehören die sogenannten Kontaminationen, eine gewisse Art des Versprechens (*Meringer* und *Mayer*): ich bin „überstaunt“ aus: „erstaunt“ und „überrascht“.

3. Die allgemeinere Wirkung der assoziativen Hemmungen. *Müller* vermutet, daß alle im Bewußtsein vorhandenen Reproduktionstendenzen das Bestreben haben, die sich neu bildenden Assoziationen zu schwächen. Eine Versuchsperson gab oft von selbst an, die Silben einer Reihe drängten sich nach mehrmaligem Lesen gegenseitig. Ähnlich konnte *Laura Steffens* auch für die motorischen Einstellungen bestätigen, daß gleichzeitig vorhandene verschiedenartige Einstellungen desselben motorischen Zentrums sich gegenseitig in ihrer Wirkung hemmen. Auch daß bei größerer Wiederholungszahl die Hauptassoziationen mehr gestärkt werden als die Nebenassoziationen, gehört hierher; die Hauptassoziationen wirken mit zunehmender Stärke immer mehr hemmend auf die Nebenassoziationen. — Aus den angeführten Gründen läßt sich allerdings die weitgehende Folgerung nicht beweisen; ihnen genügt die Annahme einer Hemmung zwischen den wenigen Elementen, um die es sich beim Lernen oder der Einstellung gerade handelt. Auch zeigte *Nagel*, daß bei Reihen, die aus sinnvollen Wörtern aufgebaut sind, die hemmende Wirkung wegen der vielen Verbindungen, in denen sie schon vorkamen, verschwindend ist. Gerade deshalb ist bei sinnlosen Silben die Hemmung außergewöhnlich groß, weil sie noch selten verwendet worden sind.

Frings (ArGsPs 30 [1914] 415 ff.) untersuchte, ob die Hemmungen auch für die Elemente der Lerneinheiten gelten. In zwölfsilbigen Reihen wurden immer Takte von je drei Silben in einen Komplex zusammengefaßt; bei der Prüfung wurden aus dem Takte zwei Silben gegeben, und der Komplex mußte ergänzt werden. Von den zwei Silben kam in den Hauptreihen die eine auch in andern Nachreihen vor, so daß sich eine Hemmung ausbilden konnte; in den Vergleichsreihen war das nicht der Fall.

Das Resultat war: Wenn die Komplexbildung normal ausgeführt wurde, trat trotz der sich wiederholenden Elemente keine Hemmung auf. Nur wenn die Komplexbildung nicht recht gelingt, wie bei Ermüdung, wo die einzelnen Elemente beachtet werden, treten Hemmungen auf, und zwar im geraden Verhältnis zum Grade der Lockerung. Wurden die Reihen in zweigliedrige Takte geteilt wie bei *Müller* und *Pilzecker*, so daß diese Komplexbildung nicht möglich war, dann traten in voller Klarheit beide Hemmungen auf, genau wie bei diesen Forschern. Daraus kann man schließen: Beim gewöhnlichen komplexen Vorstellungsverlauf machen sich assoziative Hemmungen nicht geltend. Es würde auch unsern Gedankenverlauf sehr stören, wenn immer erst unbrauchbare Tendenzen zu überwinden wären, ehe die notwendige Vorstellung gesondert aufträte. Auch würde das Neulernen dadurch sehr gehindert sein. Beim Einmaleins bilden die beiden gegebenen Faktoren einen Teilkomplex, der als Ganzes repro-

duziert. Der assoziative Komplex ist also etwas mehr als die einfache Summe seiner Teile. — Ähnlich *Kurt Lewin* (ZPs 77 [1917]): Waren einzelne Silben aus gut gelernten Reihen nachher umzustellen, so traten keine Hemmungen bei dieser Tätigkeit auf, wenn regelmäßig zwischen eingeübte Silben andere nicht eingeübte eingeschoben waren. Erst wenn durch die Gruppierung der Silben die Reproduktion nahegelegt war, trat sie als Fehlreaktion auch dann ein, wo sie gegen die Instruktion war. Die starke Assoziation gibt danach noch keine zwingende Tendenz zur gegenseitigen Reproduktion. Es muß erst die Bereitschaft für die Reproduktionstätigkeit hinzukommen.

§ 3. Die sinnvolle Verbindung der Assoziationsglieder.

Literatur. *Balaban,* Über den Unterschied des logischen und des mechanischen Gedächtnisses, in ZPs 56 (1910) 356 ff. — *Michotte* et *Ransy,* Contribution à l'étude de la mémoire logique, in Annales de l'institut . . ., Louvain 1 (1912) 1 ff. — *Michotte* et *Portych,* La réproduction après des intervalles . . ., ebd. 2 (1913) 535 ff. — *Selz,* Über die Gesetze des geordneten Denkverlaufs I (1913).

Hierin haben wir die Grundlage des logischen Gedächtnisses.

1. Die Überlegenheit des logischen Gedächtnisses. Nach *Ebbinghaus* werden sinnvolle Verse acht- bis neunmal schneller gelernt als sinnlose Silben. *Binet* und *Henri* fanden, daß Schüler nach einmaligem Vorsagen von zusammenhanglosen Wörtern von 7 nur 5 behielten; von 38 Wörtern dagegen, die in 17 begriffliche Gruppen zerfielen, behielten sie 15 Gruppen, und zwar waren die behaltenen Teile meist solche, die für den Zusammenhang und einheitlichen Sinn der Sätze wesentlich waren. *Offner:* Sinnvolle Stoffe werden bedeutend leichter gelernt und wiedererlernt als sinnlose Silben. Die Bedeutung des Gelesenen bildet da eine fest zusammenhängende Gruppe, die neben der Wortreihe besteht und die Reproduktion unterstützt. Damit das Wissen allzeit bereit sei, muß es in viele Beziehungen gebracht sein, wie durch Vergleiche, Hinweise auf anderes. Deshalb ist es für einen neuen Schulstoff nützlich, eine Anzahl von Anknüpfungspunkten bereitzustellen. Das Neue wird in dem verschlungenen Netz von Dispositionen dann durch viele Bänder festgelegt.

Aall (6 CgEPs 7 ff.) entdeckte ein ungewöhnlich hohes ingeniöses Gedächtnis bei der Norwegerin Paula Bergh. Wurden ihr zusammenhanglose sinnvolle Worte genannt, mit einer Pause nach jedem Worte zur Einprägung (nach ihrem Belieben; bei Wortreihen von 350 Worten war die Pause durchschnittlich 8″ lang), so konnte sie nach nur einmaliger Darbietung die längsten Reihen mit wenigen Fehlern wiederholen. Bei einer Reihe von 350 Worten waren es im Durchschnitt 12 % Auslassungen und 4 % leichte Wandlungen. Noch ein Jahr später konnte sie von den Reihen bis zu 150 Worten mehr als die Hälfte angeben, nur öfter mit Umwandlung der Bezeichnung in eine von gleicher Bedeutung.

Die vorher angeführten Zahlenangaben sind nicht rein, da bei sinnvollem Material viele Assoziationen, auch abgesehen von der Einheit des Sinnes, das Lernen erleichtern. Deshalb bot *Balaban* ganz gleichwertige Wortpaare, die teils rein mechanisch einzuprägen waren, teils logisch, d. h. durch Aufsuchen einer bewußten Beziehung zwischen ihnen. Nach der Treffermethode wurde die Schnelligkeit des Erlernens geprüft, wenn jede Reihe nur einmal dargeboten war; dann wurde die Reihe ganz

gelernt und nach verschiedenen Zwischenzeiten auch das Behalten geprüft. Nach einmaliger Darbietung fanden sich beim logischen Lernen 39 % Treffer, beim mechanischen 8 %; wenn man aber berücksichtigt, daß nicht alle logischen Paare wirklich logisch verknüpft worden waren, und dagegen bisweilen auch in mechanischen Paaren logische Verknüpfung auftrat, ergibt sich das Verhältnis sogar zu 75 % und 3 % Treffern. Sollte dann vollständig erlernt werden, so war die Zahl der Wiederholungen bei den mechanischen Reihen wesentlich größer als bei den logischen. Wurde die Prüfung nach 2—6 Tagen wiederholt, so ragte das logische Verfahren für das Behalten immer mehr hervor; oft waren nach wenigen Tagen die mechanischen Reihen ganz vergessen, während die logischen noch 50—60 % Treffer aufwiesen.

Michotte bot bei den logischen Reihen Wortpaare je 6″ mit der Anweisung, eine Beziehung zwischen ihnen aufzufinden. Nach 5′ wurde dann geprüft, wobei bald das erste, bald das zweite Glied des Paares geboten wurde. Zum Vergleich des mechanischen Lernens wurden Reihen aus zweizifferigen Zahlen dreimal wiederholt. wobei alle Assoziationen zu vermeiden waren.

Bei den Versuchen von *Michotte* waren die Resultate der logischen Versuche bei allen Personen sehr ähnlich, 77—88 % Treffer, während bei den mechanischen Zahlenversuchen, wo sonst die Lernbedingungen viel günstiger waren, die Treffer zwischen 32 und 73 % schwankten. Wurde in der späteren Untersuchung von *Michotte* und *Portych* die Prüfung entweder sofort nachher oder nach einem Tage oder einer Woche angestellt, so fiel die Reproduktionszahl von 88 auf 56 und 26 %.

2. Die Zwischenglieder beim logischen Lernen. Nach *Balaban* kann es sich um eine äußere Verbindung der Wörter handeln: aus „Muster" — „Neffe" wird gebildet „Musterneffe", dessen Bedeutung erst nach der Reproduktion auftaucht. Dazu gehören auch Ähnlichkeiten, Beziehungen im Klange oder der optischen Gestalt, wenn das Bewußtsein davon eine Verbindung stiftet. Wichtiger sind die innern Verbindungen, die auf die Bedeutung gehen. Sie sind teils anschaulich, indem die Bedeutungen vorgestellt und räumlich zusammengerückt werden („Quelle" auf einer Alpen-„Matte"). Häufiger sind die unanschaulichen Verbindungen: so die Bildung zusammengesetzter Begriffe, indem die Worte in eine attributive Verbindung gebracht werden („Grundstoff" der „Dichtung"); oder es wird ein Satz gebildet („Schlange" und „Rute" sehen ähnlich aus); andere Male werden Gedankenketten gebildet, z. B. für „Schnellzug — Sekte": Schnellzug — Ausflug — ein Bekannter geht des Sonntags statt des Ausflugs in die Kirche — Sekte.

Bei *Michotte* spielte die Hauptrolle als Mittelglied das Beziehungsbewußtsein; es trat in 45 % aller Fälle auf; bisweilen kann es allein angegeben werden. In den späteren Versuchen, in welchen bloß Einprägung verlangt war, ohne eigens das Aufsuchen von Relationen zu fordern, waren diese sogar noch wesentlich häufiger, in $^2/_3$ aller indirekten Reproduktionen. Bei der Einprägung hat die Beziehung immer die Bedeutung eines behauptenden Urteils, was bei der Reproduktion nicht nötig ist. Die Beziehung wird häufig direkt durch das Reizwort geweckt und weckt dann weiter das Reaktionswort. Denn sie erhöht die Zahl der gefundenen Reaktionswörter. Ferner tritt häufig eine umgekehrte Beziehung auf (Wirkung statt Ursache usw.); das wäre unmöglich, wenn das Bewußtsein der Beziehung sich immer erst aus dem Reaktionswort entwickelte. Endlich erscheint manchmal die Beziehung ohne das Reaktionswort, oder letzteres

wird, wenn es erscheint, nicht wiedererkannt. Das wäre unerklärlich, wenn dieses Wort die Ursache der erkannten Beziehung wäre. Also die Beziehung unterstützt die direkte Assoziation zwischen beiden Endgliedern. Für sich genommen hat sie keine starke Wirkung; denn sie führt nicht leicht zu andern Endgliedern. Wenn sie aber mit einem der Glieder eine Konstellation bildet, ist ihre Wirkung stark: a) Sie bildet mit beiden Gliedern eine Einheit und macht so die Assoziation besonders energisch. b) Zur bestehenden Assoziation der Endglieder kommen dadurch noch ältere, festere Assoziationen hinzu. Denn durch Reizwort und Beziehung ist das Reaktionswort begrifflich festgelegt; sein Wortausdruck kann aus der Erfahrung aufgesucht werden, so daß wenigstens gleichbedeutende Worte für den zweiten Ausdruck geweckt werden, unter denen durch Wiedererkennen das richtige ausgewählt werden kann. Da das Wiedererkennen leichter geschieht als die Reproduktion, ist das eine bedeutende Unterstützung. Diese Ableitung des zweiten Gliedes fand sich oft in mehr als der Hälfte der richtigen Fälle.

Bisweilen taucht die Beziehung plötzlich auf, andere Male ganz allmählich, entwickelt sich; das zweite Glied kann nach dem Auftreten der Beziehung plötzlich kommen und als Erfüllung der Beziehung erkannt werden. Andere Male zeigt es sich als etwas Erwartetes. Die Versuchspersonen unterscheiden sehr scharf, ob das zweite Glied unabhängig von der Beziehung erscheint, oder ob es durch sie geweckt wird, je nachdem ein Bewußtsein des allmählichen Überganges da ist oder nicht.

Andere Zwischenglieder sind die symbolischen Begleiterscheinungen, Bilder, Gefühle, Erinnerungen usw. — Die Symbole veranschaulichen die Beziehungen. Es sind gewöhnlich Linien in der Umgebung des Reizwortes, ein Kreisbogen, der etwas einschließt usw., oft sehr schwach bewußt. Gewöhnlich sind die Glieder in ein Bild vereinigt, worin gewisse auffallende Elemente die Beziehung ausdrücken. Wortsymbole sind bisweilen einfache Bezeichnungen der Beziehung (entgegengesetzt . . .); bisweilen sind die Worte mit der Beziehung verschmolzen: „Illusion" — „Verzweiflung" wird durch „endigt mit" verbunden. Kinästhetische Symbole können die Richtung andeuten, eine Blickbewegung zum Objekt. Eine Ähnlichkeit wird durch ein Gefühl der Übereinstimmung, Gegensatz durch ein Gefühl des Unbehagens angedeutet. Das Symbol ist aber eine bloße Begleiterscheinung. Gewöhnlich sind nämlich die Symbole sehr dunkel, während das Beziehungsbewußtsein ganz klar ist. Dasselbe Symbol kann sehr verschiedene Relationen ausdrücken. Es ist bisweilen bei der Einprägung und bei der Reproduktion verschieden. Also das Wesentliche ist durchaus die Relation. Dagegen bilden die Symbole ein zweites Mittelglied zwischen den beiden Beziehungsgliedern. Die Assoziation zwischen Symbol und Beziehung ist sehr stark, wie ihre große Verschmelzung beweist. — Die visuellen Vorstellungen treten oft in Form eines gemeinsamen Bildes auf, worin beide Beziehungsglieder nebeneinander stehen.

Die eben genannten Zwischenglieder werden durch den Reiz geweckt und unterstützen seine Wirksamkeit in mechanischer Weise. Daneben können sie aber auch dienen, das Endglied abzuleiten. Das tritt besonders klar bei Gefühlen hervor. Diese werden zuerst erlebt, dann erscheinen sie als das gesuchte Objekt; z. B. „Schlaganfall — Schrecken": „Nach dem Reizwort ein Unbehagen, Bewußtsein, daß dieses das gesuchte sei; das Wort ‚Haß' kommt, wird aber nicht wiedererkannt; dann wird das Gefühl klarer zu Druck, Furcht; das Wort ‚Furcht' zeigt sich, wird

aber nicht wiedererkannt. . . .“ Erinnerungen, die bei der Reproduktion auftauchen, können sich auf alles Mögliche beziehen: daß das Reizwort bei der Einprägung da war, ein Bild geweckt habe, an der rechten Seite stand, daß die Relation schwer zu finden war, sehr bekannt ist usw.

Bei *Michotte* waren die Erinnerungen, Wortreproduktionen usw. weniger stark vertreten; dagegen kamen die Beziehungen auf 44 Fälle unter 100 richtigen Reproduktionen, bei der zweiten Untersuchung noch höher; sie sind dort das Hauptelement. Erst wenn sie nicht zum Ziele führen, treten andere Zwischenglieder an ihre Seite. Unter den letzteren ragen besonders die visuellen Bilder hervor. Das Auftreten der einzelnen Zwischenglieder ist individuell sehr verschieden. Trotzdem ist das Endresultat beim logischen Lernen immer sehr ähnlich, offenbar weil jeder nach Bedürfnis beliebige Zwischenglieder benutzen kann. Je kleiner bei jemand die assoziative Fähigkeit, desto stärker wird die Anzahl der Zwischenglieder, desto geringer die Zahl der direkten Reproduktionen. Die direkte Reproduktion zeigt sich kürzer als die mit Zwischengliedern, und dabei ist wieder der Prozeß mit Bildern kürzer als mit Relationen; die Relationen „bleiben zurück“, und zwar individuell verschieden stark. Die Relation dient vermutlich einigemal als Bindeglied, andere Male ist sie Nebenerscheinung. Wo sie Bindeglied ist, verlängert sie die Reaktion nicht mehr als andere Zwischenglieder; wo sie dagegen erst aus beiden Elementen sich entwickelt können längere Reaktionen vorkommen. Die Annahme einer doppelten Form der Beziehungsreaktion bestätigt sich auch in den Streuungskurven, die dann zwei Gipfel zeigen.

Der Einfluß der Zwischenzeit bis zur Prüfung. Mit größerer Zwischenzeit nimmt nicht bloß die Zahl der richtigen Fälle ab, sondern auch die der falschen zu. Die Reproduktionszeiten werden länger. Mit längerer Zwischenzeit werden die Prozesse im allgemeinen verwickelter. Die erinnerten Zwischenglieder werden allmählich weniger. Andere Zwischenglieder, die durch das Reizwort allein geweckt werden und einfach auf alten Assoziationen beruhen, nehmen bei längerer Zwischenzeit zunächst zu. Man versucht eben jedes Mittel, dem gewünschten Endglied näherzukommen; das Reizwort wird etwa voller entwickelt, sonstige Assoziationen desselben geweckt, ob sie dem gesuchten vielleicht entsprechen. Nach einem Tage wird das Reizwort noch genügend wiedererkannt, und man hat das Vertrauen, das zweite Glied zu finden; deshalb besteht starke Tätigkeit des Suchens, die viel Begleitmaterial weckt und manches Glied dadurch wirklich auffindet. Nach einer Woche ist das Vergessen schon vollständiger, das Wiedererkennen mangelhafter, weshalb man kein rechtes Vertrauen beim Suchen hat. Deshalb erscheinen weniger Zwischenglieder. Nur die sehr starken Verbindungen liefern noch etwas.

3. Das Wesen des logischen Gedächtnisses. Nach *Balaban* handelt es sich bei dem logischen Lernen um das Benutzen schon bestehender Assoziationen zu einem Mittelglied oder um Ermöglichung determinierter Reproduktionen, seltener um die Bildung von Bewußtseinseinheiten. *Michotte* vermutet, daß bei den höheren logischen Zusammenhängen die Bilder noch mehr zurücktreten, die innern Beziehungen der Elemente mehr herrschen werden. Für die hier untersuchten, logisch verbundenen Wortpaare liegt die Überlegenheit an den Mittelgliedern. Im Falle der „bestimmten Reproduktionen“, der übrigens nicht für jedes logische Gedächtnis typisch, sondern mehr sekundär sei, bestimmt die bewußte Beziehung das erwartete Endglied. Hier besteht der Vorteil in der Vereinigung der Endglieder in eine Einheit; man kann so mittels alter Assoziationen das Endglied ableiten und dann durch Wiedererkennen bestätigen.

In den andern Fällen treten die Mittelglieder ohne bewußten Zusammenhang dazu, sind bloß mit dem Anfangsglied verbunden. Bei ihnen wirkt mit:

a) Die Mittelglieder, die bei der Reproduktion erscheinen, sind gewöhnlich bei der Einprägung gegenwärtig gewesen, also direkt assoziiert worden. Durch ihr Auftauchen bei der Reproduktion helfen sie also zu einer Reproduktion des Endgliedes mit.

b) Bei der Einprägung sind die Mittelglieder durch das Zusammenwirken der beiden Endglieder hervorgerufen worden. Sie sind also schon von früher her miteinander assoziiert gewesen. Beim Lernen wird diese Assoziation verstärkt. Beim Wiederdarbieten des Anfangsgliedes in der Prüfung ist also die Neigung zum Erscheinen des Mittelgliedes stärker. Dadurch ist wieder die Erscheinung des Endgliedes begünstigt, da Anfangs- und Mittelglied dafür eine Konstellation bilden. Zur Bildung der Konstellation läßt sich beifügen: Schon von früher bestehen Zusammenhänge vom Mittelglied zum Endglied, wozu die Tendenz aus der Einprägung kommt; ferner wurde eine Tendenz zwischen Anfangs- und Endglied geschaffen, wozu meist aus der früheren Erfahrung noch eine Assoziation zwischen beiden kommt (bei logischem Material gehören ja die Glieder zu verwandten Ideen). Also die alten Assoziationen werden durch eine assoziative Ergänzung bei der Einprägung erneuert und so ein Weg gebahnt, der ohne Einprägung wohl nichts bedeutet hätte. Die Einprägung bewirkt deshalb eine Auswahl zwischen den alten Assoziationen, macht eine mittelstarke aus ihnen zur stärksten. Die Einprägung muß mithin der bevorzugten Reaktion eine bedeutende Stärke verleihen. Das geschieht nicht durch die Kraft der Wiederholungen, sondern durch ein anderes Prinzip, nämlich

c) die assoziative auswählende Verwandtschaft oder die spezifische Energie gewisser Assoziationen. So werden bei einem Beobachter immer visuelle Bilder geweckt. Bei einem andern Lerner, der nur eine schwache assoziative Fähigkeit besitzt, erreichen die Assoziationen der bewußten Relation eine bedeutende Stärke. Diese assoziative Verschiedenheit der verschiedenen Elemente wird nun bei dem logischen Gedächtnis benutzt.

Danach wird das logische Gedächtnis durch eine große Menge von Faktoren begünstigt. Im übrigen zeigt sich außer der „bestimmten Reproduktion“ kein Element, das nicht schon beim mechanischen Gedächtnis vorkäme. — Während die hier kurz wiedergegebene Zerlegung *Michottes* die Hauptsache in einer geeigneten Verbindung von Elementarassoziationen sieht, betonen spätere Forscher als wichtiger die Komplexergänzung. Schon *Hamilton* sprach das Gesetz der Komplexergänzung aus, wonach durch ein wahrgenommenes Stück das frühere Ganze geweckt wird. Aber die Theoretiker, wie *James, Ebbinghaus,* führten das auf Konstellationswirkung zurück. Wenn das Wort Tisch das Objektbild weckt, so sollten dafür alle Buchstaben des Wortes die ihnen assoziierten Bilder zu wecken versuchen, aber nur diejenigen Tendenzen, die auf das Objektbild des Ganzen sich vereinigen, durchdringen. Indessen wäre nach dieser Konstellationserklärung die Reihenfolge der Buchstaben für den Erfolg gleichgültig. — Deshalb sind neben den gewöhnlichen Elementarassoziationen noch andere anzunehmen, wo immer die räumlich-zeitliche Ordnung maßgebend ist. Schon *Müller* hatte solche für die initiale Reproduktionstendenz verlangt; bei der Trefferprüfung liegt notwendig ein Wissen um die Zusammengehörigkeit vor. Wenn ein Wort dadurch, daß man den ersten Buchstaben nennt, leichter gefunden wird, ist das nach *Selz* nicht nach Art der Konstellation zu denken, als würden alle Wortkomplexe mit diesem Anfangsbuchstaben in höhere Bereitschaft versetzt, sondern als Vorausnahme eines schematischen Ganzen, worin der Anfangsbuchstabe bekannt ist, das Schema also mehr ausgefüllt, die Zahl der Reproduktionen eingeschränkt ist.

Einen besondern Fall dieser Komplexergänzungen nun erblickt *Selz* (ZPs 83) in den Wissensdispositionen. Sie sind mehr als zwei miteinander verbundene Elemente. Sie bewahren das Bewußtsein von Sach-

verhältnissen auf, die Gleichheit, Verschiedenheit usw. Das Bewußtsein von Sachverhältnissen schließt ja das Wissen der betreffenden Sachen sowie das ihrer Beziehungen als nicht trennbare Teile ein. Dasselbe muß auch von den entsprechenden Bewußtseinsdispositionen gelten, die nicht aus solchen der Gegenstände und andern der Beziehungen zusammengesetzt sein können. Gewiß kann man bisweilen erst im Erinnerungsbild nachträglich die Beziehung entdecken; diese setzt dann keine Wissensdisposition voraus, wohl dagegen, wenn das erworbene Wissen der Beziehung als solches unabhängig von der sprachlichen Formulierung auftaucht. Dieser Wissenskomplex kann sich allmählich entwickeln. Es fällt etwa bei einer Aufgabe zuerst ein, daß man die Lösung kennt, erst darauf kommt sie selbst. Bei geläufigerem Wissen kommt die Lösung wohl auf einmal, verbunden mit dem Bewußtsein ihrer Richtigkeit, ein Beweis, daß auch da die Aktualisierung des Wissens mitwirkte. Bei noch größerer Übung kann die Antwort scheinbar ohne Verständnis der Aufgabe erscheinen und erst später als richtig erkannt werden. Trotzdem kann sie auf einer Wissensdisposition beruhen, die durch Wiederholung einen hohen Einprägungswert besitzt. *Müller* (ZPs 82) gibt diese Erklärung für den Fall der allmählichen Wissensaktualisierung zu, während er den Beweis für das plötzliche Auftauchen bezweifelt; da könne die Beziehung auch erst nachträglich entdeckt sein. Gewiß ist das möglich, doch wird man bisweilen entscheiden können, daß nicht eine Neuentdeckung einer Beziehung vorlag, sondern die Erinnerung an ein früheres Wissen darum.

Wenn *Michotte* und *Ransy* die Beziehung beim logischen Gedächtnis durch Konstellation wirken lassen, so spricht dagegen, daß diese Beziehung nie abstrakt erscheint, sondern als mit dem andern Glied konkret verbunden. *Grünbaum* (ArGsPs 38 [1919]) macht weiter mit Recht geltend: Die Beziehung ist mehr als ein nebengeordnetes Glied; sie macht schon in der Einprägung mit den Endgliedern eine Einheit aus. Noch schlagender ist folgendes: Die Assoziation zwischen der Beziehung und dem Einzelglied hat vorläufig gar keinen rechten Sinn, der erst aus der Gesamtheit der Beziehungsgrundlagen erwächst. In der Tat ist nicht zu sehen, inwiefern die Beziehung des Gegensatzes zu einem einzelnen Wort mehr gehören sollte als zu irgend einem andern der Sprache, so daß man hier kaum von einer alten Assoziation reden kann, während diese Beziehung für die Gegenüberstellung beider Elemente selbstverständlich ist.

Auf diese allgemeinere Bedeutung der Komplexassoziationen führt uns die nun folgende Behandlung der Komplexbildung zurück.

§ 4. Die Komplexbildung beim Lernen (das Wesen des Lernens).

1. Die kollektive Auffassung. *Müller*: Wenn ich eine Melodie höre und ihren Titel nennen kann, so ist dieser nicht an die einzelnen Töne geknüpft, sondern an den ganzen Tonkomplex als solchen. Das zeigt die Verschiedenheit der singularen (Einzel-) und kollektiven (Gesamt-)Auffassung. Bei der singularen assoziieren sich Empfindungen miteinander, bei der kollektiven dagegen bilden die Empfindungen der gleichzeitigen oder sich folgenden Sinneseindrücke erst einen einheitlichen Komplex, welcher sich als solcher mit andern assoziiert. Habe ich die Zahl 459 dastehen und fasse sie singular auf, so lese ich 4, 5, 9; fasse ich sie kollektiv

auf, so lese ich sie als ganze Zahl. Überall, wo die räumlich-zeitlichen Beziehungen für die Reproduktion maßgebend sind, sind Gesamtauffassungen beteiligt.

Die kollektive Auffassung aufeinanderfolgender Eindrücke ist begünstigt: wenn die Eindrücke sich schnell folgen, wie bei einem Wort, einer Melodie; wenn sie zeitlich von den andern durch eine Pause abgetrennt sind; wenn die Bestandteile einander ähnlich sind. Das zeigt sich in der Musik im Prinzip der Tonalität, indem alle Klänge und Töne eines Stückes eine gewisse Verwandtschaft untereinander haben. Ferner ist für die Zusammenfassung die Wiederholung förderlich. Man hat oft nicht viel vom ersten Anhören einer Symphonie; aber bei einer Wiederholung versteht man immer mehr, wie man die Klänge zusammenzufassen hat. — Ähnlich wird die kollektive Auffassung bei gleichzeitigen Eindrücken begünstigt: durch räumliche Nähe mehrerer Eindrücke; durch ihre symmetrische Lage; durch Ähnlichkeit in Farbe, Helligkeit, Eindringlichkeit; durch Einschließung innerhalb einer gemeinsamen scharfen Grenzlinie; durch den Einfluß von Gewöhnung und Erwartung. So steht das Kind den Eindrücken der Außenwelt am Anfang gegenüber, wie wir denen eines Kaleidoskops. Erst die Wiederholung bringt es dazu, die Gesichtseindrücke, die von der Mutter ausgehen, ohne weiteres als zusammengehörig aufzufassen.

Ein Beispiel der Gesamtauffassung ist auch das Lesen. Wir lesen nicht buchstabierend, sondern der Anblick des ganzen Wortes hat zur Folge, daß sich durch Assoziation die richtige akustische Vorstellung einstellt. Bei der Zahl 500 tauchen nicht erst die einzelnen Ziffernnamen auf, sondern sofort der Name „fünfhundert". Es kommen auch pathologische Fälle vor, wo jemand ein ganzes Wort noch lesen kann, aber nicht mehr seine einzelnen Buchstaben. Nach *Woodworth* (Dynamic Psychology) besteht die Geschicklichkeit zum großen Teil in der Entwicklung höherer Einheiten. Beim Sprechenlernen macht das Kind der Reihe nach Silben, Worte und bekannte Sätze zu Einheiten, die als Ganzes geweckt werden; ähnlich beim Schreiben, beim Maschinenschreiben. Damit verbindet sich noch die Fähigkeit, während einer Teilbewegung schon das Folgende vorauszusehen. Erst damit hören die Pausen auf und wird das Ganze ein einziger zusammenhängender Akt. Beim Aufgeben von Telegrammen muß (wie beim Hören) die Aufmerksamkeit hinter den Reizen etwas zurückbleiben, d. h. man muß lernen, eine immer größere Zahl von Buchstaben zusammenkommen zu lassen, bevor man sie als Ganzes auffaßt.

Diese kollektive Auffassung spielt beim Lernen von Silbenreihen eine Rolle. *Nagel:* Schon in der ersten flüchtigen Beobachtung der Elemente sucht man einen orientierenden Überblick zu gewinnen. Im gewöhnlichen Leben begnügen wir uns oft überhaupt damit, z. B. für die Fassade eines Hauses, das Äußere eines Bekannten. Ist später etwas daran geändert, so fällt wohl zunächst die Fremdartigkeit auf, ohne daß wir noch wissen, worauf sie beruht. Wichtiger ist uns hier der sekundäre Gesamteindruck, wenn die Beobachtung der Elemente vorausgeht, wie beim Lesen einer Silbenreihe, und dann die Elemente später ihre selbständige Bedeutung verlieren. Wurden Umstellungsreihen aus vorher besonders fest eingeprägten Reihen gelernt, so fiel der fremdartige Charakter der Silben auf. Der Grund lag am veränderten Gesamtbild. Wurde nach der befestigten Einprägung einer Reihe nach der Treffermethode geprüft, so war das Resultat sehr ungünstig, kaum ein Drittel der Treffer war richtig. Dagegen war es leicht, die ganze Reihe aufzusagen. Die Trefferprüfung bewirkte sogar, daß dadurch die betreffende Reihe geschwächt wurde, schlechter eingeprägt war als andere; das Gesamtbild hatte durch die Trefferprüfung gelitten. — Eingehender wird die Rolle der kollektiven Auffassung beim Lernen von *Müller* (*M* § 34 ff.) beschrieben, worauf wir nunmehr eingehen.

2. Die Komplexbildung beim Lernen. Die einheitliche Auffassung der Reihenglieder bewirkt, daß sich in der Reihe Komplexe bilden, deren Glieder stärkere Assoziationen untereinander haben als zu andern. *Müller* und *Schumann*: Beim Lernen von abgeleiteten Reihen zeigte sich eine deutliche Ersparnis, wenn ganze Takte einer früher gelernten Reihe darin vorkamen, eine weniger große Ersparnis, wenn zwei sich folgende Glieder aus zwei verschiedenen Takten.

Wird die Reihe gleichzeitig dargeboten, so faßt der visuelle Lerner oft die Gruppe zunächst als Ganzes; dann durchläuft er sie nochmals mit der Aufmerksamkeit. Wird die Reihe akustisch geboten, so kommt die Komplexbildung im Nacheinander zustande. Der akustisch-motorische Lerner bildet die Takte, sagt jeden bei späteren Wiederholungen schneller her als den Übergang zum nächsten Takt; manchmal wiederholt er ihn noch, bevor der nächste erscheint. Der visuelle Lerner erzeugt oft innerlich visuelle Bilder, die er stets in bestimmter räumlicher Weise anordnet, von oben nach unten oder in horizontalen Reihen. Zunächst erzeugt er für jedes Reihenglied ein inneres Bild; dann sucht er im Anschluß an dieses ein benachbartes zu vergegenwärtigen. Ist die Geschwindigkeit langsam genug, so übersieht er einen innerlich gebildeten Komplex noch einmal, bevor er weitergeht. Er sucht zu einem Gesamtbild des Komplexes zu kommen, etwa der vier Glieder eines Taktes. Bei fortgeschrittenem Lernen kommt das Gesamtbild schon vor der Darbietung des Komplexes. Es wird dann nur auf seine Richtigkeit geprüft, in seinen Teilen verdeutlicht oder verbessert. Beim Hersagen taucht gewöhnlich vor dem Aufsagen des Komplexes das Gestaltbild auf und wird darauf in seinen Teilen deutlicher. Im innern Reihenbild ist oft der Abstand zwischen den Komplexen größer als innerhalb eines solchen, es werden Querstriche vorgestellt usw.

Der Umfang eines solchen Komplexes ist wegen der Beschränktheit der Aufmerksamkeit begrenzt. Denn jedes Glied wird mit um so geringerer Aufmerksamkeit erfaßt, je mehr Glieder die Gruppe enthält. Die Komplexe umfassen um so weniger Glieder, je mehr Aufmerksamkeit die einzelnen durch ihre Komplikation oder Ungeläufigkeit verlangen. Eine Versuchsperson lernte Zahlen in Komplexen von sechs Gliedern, Konsonanten in je fünf, römische Zahlen in drei, während sie chinesische Schriftzeichen nur einzeln auffassen konnte. Konsonantenreihen wurden zu vier, drei oder zwei Gliedern vereinigt, wenn die Reihe über eine immer größere Strecke des Papiers sich ausdehnte. Wurde die Reihe mit größeren Abständen der Glieder in größerer Entfernung gesehen, so konnte die Aufmerksamkeit wieder mehr umspannen. Man sieht daraus, daß das Lesen und Einprägen einer Reihe nicht eine passive Aufnahme von Gruppen von Bildern ist, sondern eine aktive Erfassung, eine Bildung von Einheiten; diese ist das Wesentliche beim Lernen.

3. Das Wesen der Komplexassoziation. *Müller* gab früher als Grund des stärkeren Zusammenhalts der Komplexglieder an, daß sich eine festere Assoziation der Einzelglieder bilde, sie einander räumlich oder zeitlich näher gerückt werden, als mit Gliedern eines andern Komplexes, daß dadurch auch die rückwirkende Hemmung der nächsten Paare kleiner wird, alle Elemente in dieselbe Aufmerksamkeitswelle fallen. Ähnlich scheint es *Lehmann* aufzufassen: Das Lernen wird am besten erreicht, indem man möglichst viele Silben gleichzeitig festhält; man konzentriert die Aufmerk-

samkeit auf schon vorhandene Glieder, so daß sie von den hinzukommenden nicht aus dem Bewußtsein verdrängt werden, sondern eine Einheit bilden. — *Witasek* (bei *Aug. Fischer*, ZPs 79 [1918]) sieht dagegen das Wesen der Komplexwirkung nicht in der Assoziation der Elemente, sondern in der Einprägung der Gestalt als solcher. In eigenen Versuchen hatten zu lernende Silbenpaare stets den Abstand von 2,1″; die Elemente in jedem Paar aber verschiedenen Abstand, zwischen 0,3—1,6″; trotzdem waren die Unterschiede der Trefferzahlen gering und regellos auf die verschiedenen Abstände verteilt, ja bei größtem Elementenabstand am günstigsten. Die Wirkung konnte also nicht an der bloßen kürzeren Zwischenzeit liegen. Ebenso erinnert *Bühler* an die Assoziationen, die die Komplexe als ganze verbinden. In $7 \cdot 9 = 63$ geht die Reproduktion vom Komplex $7 \cdot 9$ aus. Schon *Frings* bewies, daß bei Komplexassoziationen ein Teil des Komplexes nicht unter Hemmungen leidet (S. 570).

Die Tatsache der Komplexassoziation war schon lange anerkannt und in vielen Anwendungen von *Müller* ausgeführt. Dieser findet in den von *Selz* aufgestellten Gesetzen der Komplexergänzung und dem antizipierenden Schema, ganz besonders bei darauf gerichteter Absicht, allbekannte Tatsachen. Schon bei der Trefferprüfung liegt ein Wissen um die Zusammengehörigkeit vor, bei der Stellenassoziation ein antizipierendes Schema. Was aber *Selz* dabei betont, ist neben der Sondernatur der einzelnen Gesetze vor allem die Erklärung ihrer Wirksamkeit. Der Vorteil der Komplexergänzung liegt nach ihm nicht bloß in einer Verstärkung der Reproduktionstendenzen, sondern in der wachsenden Einschränkung der Zahl der Reproduktionen, die auf das Ausgangserlebnis ansprechen. Die Komplexergänzung setzt nämlich der selbständigen Wirksamkeit der Elementardispositionen einen erheblichen Widerstand entgegen, so daß meist nur die dem ganzen entsprechenden Reproduktionsgrundlagen ansprechen. Selbst wenn das Wissen schwach ist, wird die Wirksamkeit von Teilen des Ganzen gehemmt, die Reproduktion fällt dann oft ganz aus oder verzögert sich. Kommt eine Zielsetzung hinzu, so liefert diese, wie später auszuführen (Abschn. 4, Kap. 4), eine Tendenz zur Weckung der Lösungsmethoden, ferner der Kontrollprozesse, die die Aufgabelösung begleiten usw.

Selz weist auf die große Ausdehnung der Komplexergänzungen hin. So sind die Stellenassoziationen, wie schon gesagt, nicht Assoziationen im selben Sinne wie die zwischen verschiedenen Silben, sondern bestehen zwischen einem Komplex und seinen unselbständigen Teilen. Nur so versteht man, warum die Assoziationen derselben Stelle mit vielen andern Reihen nicht beständig hemmend eingreifen. Nach der Komplextheorie nämlich bildet die Silbe mit der Reihenstelle ein Schema, dessen Ergänzung zum Ganzen nach dem Ergänzungsgesetz erfolgt. Die Teile wirken nur dann getrennt, wenn die Tendenzen so stark sind, daß dagegen die Komplexergänzung nicht aufkommt, oder bei falschem Verhalten, etwa bei zu stark isolierendem Beachten der Reihen. Ähnliches gilt von den Gestaltbildern und von vielen andern Assoziationen, die auch nach *Müller* dem Schema der Komplexergänzungen folgen.

4. Einzelheiten der Komplexbildung beim Lernen (*M* § 36). a) Bei visuellem Lernen und gleichzeitiger Darbietung des Stoffes sucht der Lerner die Gestalt jedes Komplexes mit der Aufmerksamkeit zu erfassen und einzuprägen; die

Glieder werden durchlaufen und geläufig gemacht. Wichtig ist die „innere Rekonstruktion der Komplexe“. Ist ein Komplex betrachtet, so wird er sofort bei weggewendetem Blick innerlich wiederholt; gelingt das nicht, so wird er noch einmal betrachtet. Bisweilen wird diese Erneuerung durch akustisch-motorische Vorstellungen unterstützt. Eine Versuchsperson fand es unmöglich, eine Reihe ohne solche innere Wiederholung zu lernen; das hieße etwas lernen wollen, ohne darauf zu achten. Das Gedächtnisbild kann dabei bisweilen die Deutlichkeit eines Nachbildes haben. Aber man begnügt sich nicht mit dessen Vorhandensein, sondern geht darin mit der Aufmerksamkeit schnell hin und her, um die einzelnen Glieder fester einzuprägen. Dann wendet sich der Lerner zum folgenden Komplex. Die innere Erneuerung ist also nicht bloß ein Mittel zur Prüfung der vollzogenen Einprägung, sondern ein Mittel der Einprägung selbst. Man erinnere sich an die Bedeutung der Rezitation gegenüber dem Lesen nach *Kühn* (S. 549).

Beim Hersagen taucht dem visuellen Lerner zunächst ein undeutliches Gestaltbild des Komplexes auf. Durch Wenden der Aufmerksamkeit auf die einzelnen Teile werden diese dann der Reihe nach deutlicher und treten nachher wieder zurück. Das ist die „zerlegende Tätigkeit der innern Aufmerksamkeit“. Auch auf akustisch-motorischem Gebiet kommt es vor, daß zunächst ein undeutliches Bild des ganzen Komplexes vorhergeht. Hat sich ein Glied, z. B. das erste, besonders fest durch die Stelle eingeprägt, so kann es deutlich auftauchen ohne Vermittlung des Gestaltbildes. Die Anzahl Glieder, die zugleich deutlich innerlich gesehen werden, ist klein. Beim äußerst starken visuellen Gedächtnis von *Rückle* waren es höchstens sechs Ziffern; keine andere Versuchsperson von *Müller* schrieb sich nach einiger Übung in der Selbstbeobachtung die Fähigkeit zu, so viele zugleich zu übersehen. Der Komplexumfang bestimmt sich häufig durch die Art der Darbietung. Sind Ziffern in dreistelligen Zahlen untereinander geschrieben, so werden sie ebenso gelernt. Größere Lücken zwischen Zahlen bestimmen leicht die Teilung, ebenso zufällige Markierungen. Bei akustischer Vorführung können die Pause, die Betonung, die akustische Verwandtschaft der Glieder von Bedeutung sein. Bisweilen sind assoziative Eigentümlichkeiten entscheidend, eine mathematische Beziehung zwischen gewissen Ziffern usw. Bisweilen entscheidet ein gewählter Komplex auch für die folgenden.

Mehrere Komplexe können sich zu Komplexverbänden vereinigen oder selbst wieder Teilkomplexe unter sich haben. Die Komplexverbände entstehen etwa durch größere Pausen gegenüber den andern, durch Beachtung der Assoziationen oder innern Beziehungen darin. Oder es sind mehrere Komplexe um einen herrschenden symmetrisch gelagert. Um von einem Komplex zum andern überzugehen, werden oft eigene Assoziationen gebildet, Hilfen eingeprägt. Bisweilen dient die gegenseitige Überdeckung, oder es werden eigene Verbindungskomplexe hergestellt. Das wichtigste Hilfsmittel ist indessen die Stellenassoziation für die ganzen Komplexe oder ihre Anfänge; bisweilen werden die Anfänge noch in einer besondern Reihe gelernt.

Die Ursachen und Erfolge der Komplexbildung. Eine Ursache ist die Begrenztheit der kollektiven Auffassung, weshalb man die Reihe in Gruppen teilen muß. Ist das aber bei einer Lesung geschehen, so ist es eine Erleichterung, es bei der zweiten Lesung zu wiederholen. Ferner ist das Lernen stets in gewissem Grade lokalisierend. Das läßt sich aber praktisch nicht für jede Stelle einer langen Reihe ausführen; deshalb sind wieder Komplexe erfordert. Derselbe Grund fordert auch die Bildung von Komplexverbänden. Zwölf Komplexe von fünfstelligen Zahlen wären zuviel für eine übersichtliche Lokalisation. *Rückle* bildete daraus drei Komplexverbände zu vier Komplexen. Er braucht neben den Gruppen noch Obergruppen, „um Ordnung hineinzubringen“.

b) Die Bedeutung des Rhythmus für das Lernen. *Müller* und *Schumann* fanden, daß die Erlernung längerer Silbenreihen viel länger braucht, wenn sie nicht durch willkürliche Rhythmisierung zu Takten geordnet werden. Ähnlich *Pohlmann*. Auf diesem Prinzip beruht im gewöhnlichen Leben die Verwendung der Reimregeln, der Memorierverse, manche mnemotechnische Kunstgriffe.

Der Nutzen des Rhythmus liegt teilweise an der Lust und Erregung, welche er weckt, wie man am Marschtempo sieht. Das täuscht über das Einerlei des Lernens hinweg, regt an, spannt die Energie, erleichtert die Anpassung der Aufmerksamkeit (*Meumann*). Nach *Smith* treibt der Rhythmus unerbittlich fort, indem jede Unregelmäßigkeit den Takt stört und Unlust erregt. Der Rhythmus unterscheidet die Glieder der Reihe voneinander, besonders in Verbindung mit feineren Graden der Betonung und Tonhöhe. Ein Geübter wendet ein umfangreiches rhythmisches Schema an, das dem Inbegriff mehrerer Komplexe entspricht.

Wie kommen die Versuchspersonen dazu, beim Lernen den Rhythmus zu benutzen? Einmal haben sie schon vielfach Rhythmus gehört. Bereits die Sprache des gewöhnlichen Lebens enthält ihn, veranlaßt uns, benachbarte Silben verschieden zu betonen. Dabei bemerkt man seinen Vorteil und behält ihn bei. *Müller* und *Schumann* betonten den Zusammenhang der rhythmischen Formen in der Poesie mit dem leichteren Behalten. Natürlich wirken in der Kunst noch andere Bedingungen mit: die Freude an der Symmetrie, an der äußern Ordnung, die Lust an der Erfindung neuer Formen, die Rücksicht auf den Tanz usw. Die Gründe, welche bewirken, daß gewisse Redeformen sich leichter behalten lassen, wirken auch dahin, daß jene Formen häufiger benutzt werden. Die motorische Einstellung macht, daß rhythmische Sprache von selbst eintritt.

5. Die Zweckmäßigkeit der Komplexbildung beim Lernen.

Es kommt auch ein Lernen ohne Komplexbildung vor; besonders bei zu geringer Darbietungsgeschwindigkeit oder wenn die Glieder schon durch viele Hilfen verbunden sind. In solchen Fällen assoziiert man etwa die einzelnen Glieder mit ihren Stellen oder greift einzelne als feste Punkte heraus und ordnet die andern ihnen zu. Nach *Woodworth* (PsR 22 [1915]) hängt die Art des Lernens wesentlich vom Ziele ab, das man erreichen will. Soll die Reihe hergesagt werden, so werden Beziehungen aufgesucht, die das Ganze zusammenbinden. Bei Trefferprüfung dagegen wird nur jedes Paar als Einheit genommen. In einem solchen Versuch waren von den Paaren nachher 74 % verbunden, für den Übergang von einem Paar zum andern nur 7 %, obwohl die Kontiguität für beide Fälle gleich war. Wenn nur Wiedererkennen verlangt wird, beobachtet man in jedem Glied nach Möglichkeit einen Zug, der es festlegt.

Die Einprägung von Figurenreihen untersuchten *Smith* und *Ebert-Meumann*, später mit gleichzeitiger Darbietung und Freigebung der Art des Lernens auch *Müller* und *Kuhlmann*. Bei schwach Visuellen wirkt hier eine Einprägung von Worten mit, oft der Name von Gegenständen, an die sie erinnern. Die Benennungen sind meist als solche nicht genügend, werden aber in einem bestimmten Sinne verstanden. Visuelle behalten oft die Bilder direkt. *Moore* betrachtet das Lernen der Figuren als eine Zerlegung; die Teile und ihre Verbindung werden gemerkt an ihrer Ähnlichkeit mit bekannten Objekten; das war wirksamer als visuelles Lernen. Fast immer stellen sich Bewegungen von Hand, Fingern, Auge, oder Kopf ein, um die Figuren in der Luft nachzuzeichnen. Andere gleichzeitige Bewegungen sind nicht auf Nachahmung gerichtete, sondern unwillkürliche, gleichzeitige Reaktionen, „Begrüßungsbewegungen" des Kopfes, Kehlkopfes usw. Auch bei anderem Lernmaterial kommen Begrüßungen der Reihenglieder durch rhythmische Bewegungen vor, Bewegungen des Oberkörpers, Fingerbewegungen usw.

Art der Komplexbildung. Wenn starke sinnfällige Unterschiede in der Reihe sind, ist es unzweckmäßig, andere Komplexe zu wählen. Ist das nicht der Fall, so ist ein konstanter Komplexumfang vorzuziehen, besonders bei mechanischem Lernen. Finden dabei Sprechbewegungen statt, so muß ein Rhythmus mit Unterschieden der Tonhöhen angewendet werden. Bietet ein Lernstoff mannigfache kräftige Hilfen, so muß zuerst eine Durchmusterung über die Komplexbildung entscheiden. *Rückle* lernte eine Zahlenreihe von 48 Ziffern bei 6stelligen Komplexen in 52″, bei 4stelligen in 74″, bei 8stelligen in 77″. 25 Zahlen wurden leichter gelernt, wenn sie in einem Quadrat geboten waren als wenn in einer Zeile, weil die Trennung eine schärfere sei. — Über die passendste Darbietung des Lernstoffes läßt sich angeben: Bietet der Stoff wenig Hilfen, so muß man Komplexe in richtiger Größe bilden, sie durch größere Abstände, Querstriche usw. unterscheiden. Ziffern untereinander geordnet sind schwerer zu lernen als nebeneinander. Eine akustische Darbietung muß rhythmisch und modulatorisch sein. Bei längeren Reihen muß durch die Art der Vorführung, verschiedene Zeilen, längere Pausen die Bildung von Komplexverbänden gefördert werden.

6. Der zeitliche Verlauf des Lernens, zunächst bei Silbenreihen. Eingehend faßt *Müller* die Beobachtungen von *Smith, Pentschew, Ephrussi, Ebert-Meumann, Gamble* und andern darüber zusammen:

a) Das erste ist gewöhnlich eine Übersicht, eine Durchmusterung des Lernstückes. Man stellt die zweckmäßigsten Komplexe fest, den Rhythmus, die Hilfen, besondere Schwierigkeiten, bei den Konsonanten ihre Gestaltverschiedenheiten, bei sinnvollem Material den genauen Sinn.

b) Daran schließt sich die zur eigentlichen Einprägung bestimmte Lerntätigkeit, das Auffassen, die innerliche Wiederholung der Reihenglieder (die innere visuelle Rekonstruktion). Dadurch werden die Glieder geläufig gemacht, besondere Transformationen geleistet, die Glieder und Komplexe verbunden. Zuerst werden nur gewisse auffallende Glieder gewußt, das übrige schließt sich um diese zusammen. Nach *O'Brien* (AmJPs 32) hat die Wahrnehmung im Anfang des Lernens eine reflektorische Wiederholung im Gefolge, meist motorischer Art, die nicht ohne Schaden für das Lernen unterdrückt werden kann. Beim Visuellen verschwindet nachher das motorische Bild schnell.

c) Nach einer gewissen Zeit beginnt das Stadium der Hersageversuche. Man sucht einzelne Glieder richtig zu finden, bevor sie gelesen werden, nimmt innerlich voraus. Diese Vorwegnahmen dienen meistens der besseren Einprägung. Die Aufmerksamkeit tritt dabei stark ins Spiel. Das Sichbesinnen hat manche andere Tätigkeiten im Gefolge, z. B. ein schnelleres nochmaliges Wiederholen des eben Gelesenen, intensive Beachtung des Sinnes. Weiter gewinnt man dadurch Übersicht über die schwachen Stellen, auf die die weitere Lerntätigkeit zu achten hat.

d) Das Hersagen des Ganzen wird versucht. Wenn man alle Glieder richtig vorweggenommen hat, weiß man die Reihe. Bei einer still gelernten Reihe stört oft das laute Hersagen. Die Zeit des Hersagens weist nicht eindeutig auf die Festigkeit der Assoziationen hin. Sie hängt auch davon

ab, wie schnell ein visuelles Bild das Aussprechen der Bezeichnung weckt. Das kann bei Ermüdung oft lange dauern.

e) Wird ein größeres Stück in Teilen gelernt, so werden bisweilen „progressive Rekapitulationen" benutzt: Komplex 1 wird eingeprägt und reproduziert; dann 2; dann 1 + 2; dann 3; dann 1 + 2 + 3 ... Der Vorteil davon ist, daß so die Erlernung möglichst auf Rezitationen gegründet wird; deshalb hält *Biervliet* dieses Verfahren für das günstigste. Indessen wird so das Lernstück gegen das Ende hin leicht immer schwächer eingeprägt. Wir kommen sofort hierauf zurück.

f) In der Reihenfolge der Teilvorgänge herrscht übrigens große Mannigfaltigkeit. Wichtig ist die Beschaffenheit des Lernmaterials, Vorführungsweise, Reihenlänge, Geschwindigkeit, Instruktion, Typus, Übung, die etwa bewirkt, daß die inneren Vorwegnahmen immer früher herangezogen werden. Die Silbenreihe wird am besten anfangs langsamer gelesen, später schneller (*M* § 115). Sind die Wiederholungen sehr zahlreich, so werden manche Assoziationen wieder geschwächt, weil man über das schon einmal Gewußte leichter hinweggeht.

§ 5. Verschiedene Lernmethoden.

1. Fordert man jemand auf, eine Strophe auswendig zu lernen, so wird er fast nie so verfahren, daß er das Ganze von Anfang bis zu Ende durchliest, bis er es kann (das Ganz-Verfahren, *G*-Verfahren), sondern die meisten zerlegen die Strophe in Teile, die sie einzeln lernen und nachher aneinanderfügen (das Teil-Verfahren, *T*-Verfahren); wie *Lottie Steffens* fand, werden sehr häufig, besonders von Kindern, noch die bisherigen Stücke immer mit wiederholt, so daß auf den Anfang ungleich mehr Wiederholungen kommen als auf das Spätere. Welches Verfahren ist zweckmäßiger?

Das Experiment ergab: Wenn das Lernmaterial einige Teile mit besonders schwierigen Wörtern enthält, ist das Teilverfahren schneller. Wenn dagegen das Material gleichförmig ist, ist das *G*-Verfahren vorteilhafter. So fand *Steffens* für eine Erlernung nach der *G*-Methode 2′47″, nach der *T*-Methode 3′3″. Auch bei sinnlosen Silben zeigte die *G*-Methode einen geringen Vorteil. Dasselbe Resultat fand *Pentschew*. Auch *Meumann* gab später zu, je mehr sich das Lernen von vier Gedichtstrophen der *G*-Methode näherte, desto schneller und sicherer werde gelernt. Bei Erwachsenen tritt der Vorteil um so mehr hervor, je umfangreicher der Lernstoff ist. Der Vorteil ist bei sinnvollem Material größer als bei sinnlosem. — Ganz besonders ragt nach *Meumann* das *G*-Verfahren im Behalten hervor. Bei einem nach der *G*-Methode gelernten Gedicht war nach drei Monaten noch 30 % behalten, nach der *T*-Methode fast alles vergessen. *Busemann* findet den Vorzug der *G*-Methode für das Behalten nicht bewiesen. Es seien nur die absoluten Ersparniswerte verglichen worden, während bei Zugrundelegung der relativen Ersparnis das Gegenteil folgen würde. *Lehmann* findet, daß die *T*-Methode langsamer sei, aber dafür weniger ermüde.

Ephrussi untersuchte das Einprägen von Paaren, wie das bei fremdsprachlichen Vokabeln, bei geographischen und historischen Daten in Frage kommt. Bei sinnlosen Silben war die Trefferzahl beim *T*-Verfahren größer, ebenso die Trefferzeit günstiger. Bei Vokabeln mit ihrer Übersetzung war das Resultat ähnlich, aber schwächer. Wurden aber bekannte Worte mit Zahlen verbunden, oder Zahlen allein paarweise eingeprägt, so war das *G*-Verfahren vorteilhafter. — Der Unter-

schied erklärt sich: der Stoff muß erst geläufig sein, bevor die Einprägung beginnt. Das geht aber beim *T*-Verfahren schneller; beim *G*-Verfahren wird der Eindruck einer fremden Silbe sofort durch andere verdrängt; es braucht deshalb mehr Lesungen, um zur Vertrautheit zu kommen. Da bei sinnvollem Stoffe diese Geläufigmachung nicht nötig ist, büßt dort das *T*-Verfahren seinen Vorteil ein. An und für sich spannt das *G*-Verfahren die Aufmerksamkeit stärker. Beim *T*-Verfahren ruht man mehr aus; der Stoff wird leichter langweilig. Das *T*-Verfahren ist für das Auftauchen von Hilfen günstiger, stiftet auch rückläufige Assoziationen, die für die Paare sehr wichtig sind, während beim *G*-Verfahren überflüssige und schädliche überspringende Assoziationen gebildet werden.

2. Für den allgemeineren Vorzug des *G*-Verfahrens wurden die Gründe teilweise schon von *Steffens* angegeben. Beim *T*-Verfahren bildet sich eine schädliche Assoziation vom Ende zum Anfang des einzelnen Teiles, welche nachher durch eigene Wiederholungen rückgängig gemacht werden muß. Ferner werden so gewöhnlich die ersten Zeilen viel mehr wiederholt als die letzten, entsprechend dem Bestreben, am Schluß der Gesamtlesungen das Gedicht gerade hersagen zu können. Für diesen Zweck allein mag das vorteilhaft sein; aber für längeres Behalten ist es ein Nachteil, dann sind die letzten Assoziationen bald zu schwach. Weiter werden die überspringenden Assoziationen, mit denen auch entferntere Teile sich stützen, die Hilfe durch die absolute Stelle im Ganzen nur beim *G*-Verfahren ausgenutzt. Bei sinnvollen Stoffen insbesondere unterstützt der Sinn am meisten die *G*-Methode; die Aufmerksamkeit bleibt dabei in gleichmäßigerer Spannung. Daß dabei das schon Bekannte immer wiederholt werden muß, ist bei einiger Übung weniger störend; denn die Aufmerksamkeit lernt sich entsprechend mehr auf andere Stellen zu richten.

Daß gewöhnlich in Teilen gelernt wird, hat einen berechtigten Grund darin, daß die Lernstücke gewöhnlich nicht so gleichförmig sind. Der Hauptgrund ist aber ein psychologischer. Man glaubt bei der Lesung im Ganzen nicht voranzukommen, sieht keinen Erfolg und verliert deshalb den Mut. Aus diesem Grunde kommen bei mechanischem Lernen die Kinder gewöhnlich mit der *T*-Methode besser zum Ziel. Das ändert sich aber, wenn sie die Erfolge des Lernens im Ganzen einmal erfahren haben. Nach *Meumann* ist es richtiger, jeden Gedächtnisstoff als Ganzes anzueignen. — Immerhin bleibt zu beachten, daß auch Lerner von größter Kraft und Übung an der *T*-Methode festhalten. *Rückle* lernt seine Hunderte von Zahlen nach der *T*-Methode, wobei er jedesmal die früheren Komplexe mitprüft; und dabei lernt er besonders bei kürzeren Reihen schneller als nach der *G*-Methode, die er auch gut kennt; bei längeren Reihen ist der Unterschied freilich nicht mehr bedeutend. *Schultze* fand dabei das merkwürdige Verhalten, daß die durchschnittliche Dauer eines 48-Zahlen-Komplexes bei ihm annähernd immer gleich blieb; die Häufung der Lesungen für den Anfang wurde also durch eine entsprechende Verlangsamung der Lesungen gegen Schluß hin unabsichtlich aufgewogen. — Für das wirkliche Lernen empfiehlt sich die *T*-Methode sicher dadurch, daß sie weniger anstrengend ist und die schädlichen Assoziationen durch Pausen und Beachtung des Zusammenhangs vermieden werden können.

§ 6. Das Einprägen von größerem sinnvollem Material.

Literatur. *Kraemer*, Experimentelle Untersuchungen zur Erkenntnis des Lernprozesses, 1912.

1. *Kraemer* ließ Abschnitte von philosophischer Prosa, von Erzählungen und Beschreibungen lernen, wobei teilweise gleichmäßig auf Sinn und Worte zu achten war (*S*- und *W*-Methode), teilweise zunächst auf den Sinn (*S*-Methode), teilweise

auf die Worte allein (*W*-Methode). Durch Hersageversuche nach verschiedenen Zwischenzeiten wurde das allmähliche Einprägen des Textes verfolgt.

Die *S*- und *W*-Methode hat den Nachteil, daß sich die Aufmerksamkeit zunächst zersplittert. Im übrigen ist auch da der Sinn der Stützpfeiler des Lernens; nach seiner Erfassung ist es ein leichtes, das inhaltlich Verstandene auch in der Form richtig wiederzugeben. Am natürlichsten und schnellsten ist die *S*-Methode. Man sucht durch Konzentration auf den Inhalt den logischen Faden aufzufassen; man macht sich eine Art Disposition des Zusammenhanges. Hier trat anfangs die Form zurück, der Sinn wird häufig mit eigenen Worten wiedergegeben. Doch lassen sich, wenn der Sinn einmal verstanden ist, die Fehler durch wenige Lesungen verbessern. Die *W*-Methode brauchte gewöhnlich die meiste Zeit, bisweilen das Zwei- bis Dreifache. Doch gibt es seltene Ausnahmen, die auch mit ihr schnell lernen. Die meisten fanden die Methode widersinnig. Dabei sichert das Auswendiglernen des Textes nicht einmal das Verständnis des Sinnes. Von den drei geprüften Stoffarten brauchte die philosophische Prosa die meisten Wiederholungen. Das klare Erfassen des Sinnes, das dort schwerer ist, ist eben das Entscheidende. Ist einmal der Lernstoff mit aller Schärfe erfaßt, so vollzieht sich das wörtliche Einprägen von da an ziemlich übereinstimmend schnell.

Die Hauptstütze des Lernens sinnvollen Stoffes ist der Sinn, und zwar geht der Lernprozeß von den Hauptgedanken des Textes aus; das übrige wird zunächst weggelassen. Ist der Stoff die Beschreibung von wahrnehmbaren Dingen, so muß man sich dieselben anschaulich vorstellen, bei Erzählungen die zeitlichen Verhältnisse, bei philosophischer Prosa die logischen Elemente, besonders die kausalen Gedanken.

Unterstützend wirkt ein einfacher Satzbau, gleiche einleitende Glieder (teils — teils . . .), Sätze von mittlerer Länge, die mit einer Lesung aufgefaßt werden. Eingeschobene Sätze hemmen. Kurze, abgerissene Sätze hintereinander sind schwer in richtiger Reihenfolge zu behalten. Unterstützend ist ein leichter rhythmischer Fluß. Man weiß dann, wie lang der Satz ist, ob noch etwas fehlt. Die Hauptsätze werden passend mit Betonung gelesen, die Nebensätze mit leiserer Stimme, gleichsam in Klammer gesetzt. Läßt man die Geschwindigkeit frei bestimmen, so ist die erste Lesung oft langsam wegen der Unbekanntheit des Stoffes; mit wachsender Vertrautheit geht es schneller, später bisweilen wieder langsamer, wenn schwierige Stellen eingeprägt werden sollen. Die längste Zeit herrscht nicht bei der letzten Lesung, sondern einige Lesungen vorher, wo nochmals mit aller Aufmerksamkeit der Stoff sorgfältig durchdacht und durchlesen wird.

Auffällige Wörter hemmen zunächst; dann werden sie aber stärker beachtet und besser gemerkt. Bisweilen tritt bei Lesungen ein toter Punkt im Auffassungsvermögen ein. Wurde da trotzdem weitergelesen, so ging in der Tat das Lernen nicht vorwärts. Da ist Ruhe nötig. — Das Wiedererlernen nach 24 Stunden war bei der *S*-Methode und der *S*- und *W*-Methode ziemlich konstant, der Sinn ist schon beim ersten Durchlesen wieder klar, und es handelt sich dann weiter um bloßes Wortlernen. Bei der *W*-Methode ist die Wiederholungszahl größer; diese Einprägung ist keine dauernde Stütze des Behaltens; werden ja auch die sinnlosen Silben rasch vergessen.

2. Die Übereinstimmungen und Verschiedenheiten beim Lernen von sinnvollem und sinnlosem Material faßt *Müller* zusammen:

Bei Prosastücken tritt die Komplexbildung weniger deutlich hervor, wie auch bei Silbenreihen, die viele Hilfen bieten. Die Abschnitte, die gemacht werden, sind häufig assoziative Gruppen, die gedanklich eine gewisse Einheit bilden und beim Lernen hintereinander wiederholt werden. Das Merken eines Übergangs durch Lokalisation geschieht hier seltener, außer bei auffallenden Stellen, wie den Alineas. Die Lokalisation tritt in der ersten Zeit des Lernens oft stärker hervor als später, wo der gedankliche Zusammenhang besser durchgedrungen ist. Beim Stocken hilft man sich so, daß man die Bedeutung des letzten gesagten Abschnittes überdenkt und mit dessen Hilfe das Folgende ableitet.

Bei Strophen geht die rein rhythmische Gruppierung nach Takten und ihren Verbänden und die gedankliche Gruppierung nach Sinn und Inhalt nebeneinander her. Auch beim Suchen der Wortfolge gibt das rhythmische Gefüge einige Unterstützung. Für das Finden der nächsten Zeilen hilft der Reim, die Assonanz, Alliteration usw. mit. Nachteilig sind die ungewöhnlichen Redewendungen, der ungewöhnliche syntaktische Bau.

Die Wörter werden bei sinnvollem Material auch von Visuellen viel weniger visuell eingeprägt als bei sinnlosem Stoff. Die Hilfen machen das überflüssig, und außerdem sind die akustisch-motorischen Vorstellungen der gewöhnlichen Wortverbindungen besonders geläufig. Sinngemäße Betonung, Rhythmus, Reim passen nur zu ihnen. Primär visuell tauchen gewöhnlich nur Wortkomplexe auf, die besonders auffällig sind, etwa die ersten des Satzes oder solche, die sich schwer einprägen. Daneben treten oft undeutliche Vorstellungen ganzer Zeilen auf; die visuellen Wortbilder, bisweilen auch die akustisch-motorischen, können mit bestimmten Stellen dieses undeutlichen Bildes assoziiert sein. Bei akustischer Vorführung treten dann häufiger illustrierende Bilder auf, welche besonders am Anfang oder an Wendepunkten weiterhelfen. Die Vergegenwärtigung des Sinnes und die Beachtung des sinnlichen Elementes beeinträchtigen sich gegenseitig. Wo die Beachtung des sinnlichen Elementes zu schwach ist, werden bei der Reproduktion leicht andere Wörter von gleicher Bedeutung vorgebracht.

Viertes Kapitel.

Die Assoziationsreaktionen.

§ 1. Der Assoziationsvorgang im allgemeinen.

Literatur. Neben *Claparède* vergleiche *Wreschner,* Die Reproduktion und Assoziation von Vorstellungen, besonders Bd I (1907).

1. Ziel und Verfahren der Assoziationsstatistik. Die Assoziationsreaktionen benutzen die im Laufe des Lebens von selbst entstandenen Assoziationen. Man ruft der Versuchsperson ein Wort zu (das „Reizwort") und läßt die zuerst im Bewußtsein sich anschließende neue Vorstellung als Antwort nennen (das „Reaktionswort"). Zugleich wird die dazu notwendige „Reaktionszeit" gemessen. Aus derartigen Versuchen stellt man eine Assoziationsstatistik her und versucht aus ihr die Gesetzmäßigkeiten des Assoziationsvorganges abzuleiten. Man kann die assoziierten Vorstellungen völlig frei auswählen lassen; die Vorschrift heißt dann, die erste

Vorstellung, die ins Bewußtsein aufsteigt, zu nennen. Oder man verlangt Assoziationen bestimmter vorgeschriebener Art, etwa der Unterordnung: ein griechischer Dichter? Oder endlich die Antworten sind völlig eindeutig bestimmt: 3 · 7 = ?, das erste Drama Schillers?

Die so gestellte Aufgabe ist nun durchaus nicht eindeutig, und darin liegt die Schwäche der Methode. Es stellt sich oft eine Reihe von Vorstellungen ein, die nicht klar zu sondern sind. Aus ihnen wählt die Versuchsperson etwas heraus, was ihr als passende Antwort zum Reizwort erscheint. Manches, was einfällt, wird als „zu dumm" zurückgewiesen; oft sind auch Vorstellungen da, aber es fehlt an Wörtern. Deshalb ist die Assoziationsreaktion etwas ziemlich Unbestimmtes, mit dem die verschiedenen Personen sich in verschiedener Weise abfinden, und das nicht direkt vergleichbar ist. — Mit Recht legt man in neuerer Zeit immer mehr Wert auf die Selbstbeobachtung, läßt über alles, was im Bewußtsein vor sich ging, möglichst genaue Rechenschaft geben. Um die Resultate verschiedener Versuchspersonen vergleichbarer zu machen, schlug *Sommer* vor, immer eine ganz bestimmte Zahl und Ordnung von Reizwörtern zu benutzen: das Prinzip des gleichen Reizes. Er verwendete drei Gruppen: konkrete Eigenschaften, meist Sinnesempfindungen; konkrete Objekte der Außenwelt; abstrakte Wörter; im ganzen 142 Wörter. *Kräpelin* benutzte zu gleichem Zwecke seine „Methode der Wiederholung", indem er bei derselben Versuchsperson jeden Tag genau dieselben Reizwörter wieder verwendete. Die Reaktionszeit nimmt dabei von Tag zu Tag ab und erreicht nach wenigen Tagen eine konstante Länge. Bringt man dann an abwechselnden Versuchstagen verschiedene Bedingungen an, so kann man leicht deren Einfluß auf die Reproduktionsgeschwindigkeit vergleichen.

2. Die Assoziationszeit. Die „Psychometrie" hat den Zweck, die Dauer der psychischen Vorgänge zu messen, in der Absicht, dadurch auf andere Eigenschaften zu schließen, z. B. auf deren Einfachheit, Zusammengesetztheit, verschiedene Leichtigkeit, auf die Wirkung der Gewöhnung, Ermüdung usw. Dafür muß man aber erst nach der Erfahrung den Zusammenhang dieser Eigenschaften mit den verschiedenen Geschwindigkeiten bestimmt haben. Als Meßapparat kann schon die Stoppuhr dienen, die $^1/_5{}''$ angibt. Für genauere Messungen wird gewöhnlich das *Hipp*sche Chronoskop benutzt, das Zeiten auf $^1/_{1000}{}''$ ablesen läßt. Beim Erscheinen des Reizwortes werden automatisch die Zeiger ausgelöst, durch das Aussprechen des Reaktionswortes vonseiten der Versuchsperson wieder angehalten.

Die Assoziationszeit ist dem Begriffe nach die Zeit, welche gebraucht wird, um von der ersten Vorstellung auf die zweite assoziierte überzugehen. *Galton* (1879) ließ dafür die Versuchsperson eine Folge von drei bis vier Wörtern finden und bestimmte aus der Gesamtzeit durch Division die Zeit für eine Assoziation; er fand 1,3″. Später suchte *Trautscholdt* die Teile der Gesamtreproduktion, welche auf die einfache Reaktion, auf die Auffassung des Wortes kommen, gesondert zu bestimmen und ermittelte dann die reine Assoziationszeit zu 0,73″. Indessen zeigt eine genauere Untersuchung, daß eine genügend sichere Ausschaltung der übrigen Vorgänge nicht zu gewinnen ist. Man begnügt sich deshalb mit den relativen Werten der Bestimmungen, um den Einfluß der einzelnen Bedingungen daran abzuschätzen.

Die rohe Assoziationszeit wird bei verschiedenen Forschern sehr verschieden angegeben; bei *Trautscholdt* zwischen 340 und 1200 σ; bei *Wreschner* war das Mittel

für alle Versuchspersonen etwa 2000 σ. Diese Zeiten erscheinen unglaublich hoch, wenn man sie mit der Zeit vergleicht, welche beim Lesen auf ein Wort kommt. Man kann bis $^1/_{10}''$ für das Wort heruntergehen und doch jedes Wort verstehen. Als Grund des Unterschieds wird genannt: Wird einem ein unerwartetes Wort zugerufen, so tritt zunächst Verwirrung ein; auch stauen sich oft verschiedenartige Reproduktionstendenzen; oft treten zunächst unbestimmte Vorstellungen auf, für die noch das Wort fehlt. Doch ist das alles nicht die Hauptsache. Es wäre nicht schwierig, mit sehr großer Schnelligkeit der Wortfolge einen Gedanken zu entwickeln und dann für die einzelnen Wörter eine kleine Assoziationszeit herauszurechnen, oder selbst ganz zusammenhanglose Wörter schnell hintereinander vorzubringen, wie in der Ideenflucht. Dagegen hat man hier eine bestimmte Aufgabe durch die Instruktion und durch eigene Einstellungen, welche oft lange Prüfung und Auswahl einschließen.

Die Abhängigkeit der Assoziationszeit von den Bedingungen. *Wreschner* gibt für die Art der Reizworte an: Die Konkreta brauchen eine kürzere Zeit als die Adjektiva; die Adjektiva im allgemeinen eine kürzere als die Abstrakta. Abhängigkeit von der Art der Personen (*Wreschner*): Die Gebildeten reagieren schneller als die Ungebildeten, die Männer schneller als die Frauen, die Erwachsenen schneller als die Kinder. Den ersten Punkt bestätigt auch *Wendt,* dagegen bestreitet er den zweiten; bei seinen Versuchen unter möglichst gleichen Bedingungen des Alters und der Bildung war die größere Schnelligkeit aufseiten der Frauen. Besonders lang sind die individuellen Assoziationen. Dagegen, je bevorzugter eine Assoziation, desto schneller ist sie auch (*Thumb* und *Marbe*). *Mayer* und *Orth:* Je mehr Bewußtseinszustände eingeschaltet sind, desto länger wurde die Assoziationszeit, besonders wenn ein Gefühl oder Strebeakt dabei war; Freude beschleunigt, Trauer verlangsamt. Nach *Wreschner* und *Jung* sind genauer die Assoziationen länger, welche von einem gefühlsbetonten Inhalt ausgehen; dagegen schadet es nicht, wenn das Endglied lustbetont ist, weil es vor dem Gefühl erreicht ist. Nach *Cattell* sind die Assoziationszeiten kürzer, wenn die Assoziationen gebunden, als wenn sie frei sind; nach *Ach* um so kürzer, je spezieller die Aufgabe ist. *Müller* entgegnet mit Recht, bei der Aufgabe, einen koordinierten Begriff zu finden, ist es keine Erleichterung, wenn verlangt wird, daß das Wort dreisilbig sei. *Lindworsky* löst den Widerspruch. Nimmt man bei derselben Tätigkeit eine mehr allgemeine und besondere Aufgabe, so ist letztere aus dem Grunde leichter, weil ein reicheres antizipierendes Schema vorliegt. (Es ist, wie wenn bei einer Rätselfrage zu den schon genannten Eigenschaften des gesuchten Objekts immer mehr neue hinzugefügt werden.) Aber die speziellere Aufgabe kann neben den neuen Reproduktionsmotiven auch neue Bedingungen beifügen. Diese Bedingungen können viele Lösungen ausschließen, das Reproduktionsmotiv kann mehr oder weniger fruchtbar sein, was also gegeneinander arbeitet. Auch nutzt die Vielheit der Reproduktionsmotive nichts, wenn sie nicht auf eine bestimmte Vorstellung hinweisen. Also die speziellere Aufgabe wird schneller verwirklicht, insofern sie reproduktionskräftigere gleichgerichtete Tendenzen bietet und nicht geläufigere Reproduktionsmotive ausschließt. Ist das Material schon da, so fällt die Zeit für seine Beschaffung aus. Die Vereinigung mehrerer Determinationen besteht darin, daß sich die verschiedenen in der Aufgabe enthaltenen Bedingungen zu einem einheitlichen Schema vereinigen.

Der Einfluß der Medikamente auf die Reaktionszeit (die Pharmakopsychologie) wurde besonders von *Kräpelin* mit Hilfe seiner Wiederholungsmethode untersucht. Durch Alkohol (30 *g*) wurde die Reproduktionsgeschwindigkeit vermindert, was der gewöhnlichen Ansicht widerspricht, der Alkohol beschleunige den Ideenlauf; nur motorische Wirkungen werden durch ihn beschleunigt. Tee dagegen verkürzt die Assoziationszeit. Dasselbe fand *Claparède* für den Tabak. Auch wurde versucht,

den Unterschied der Geisteskrankheiten durch die Assoziationszeit zu kennzeichnen. Früher hatte man gefunden, die Assoziationszeit in der Manie sei sehr kurz, in der Melancholie sehr lang. Dagegen findet *Aschaffenburg,* in der Manie lasse sich keine Beschleunigung der Assoziationen nachweisen. Nur die motorischen Entladungen sind erleichtert.

3. Die Einteilung der Assoziationsformen. *Wundt* unterscheidet die innern und äußern Assoziationen. Bei den äußern ist nur die zeitliche und räumliche Verbindung der Objekte maßgebend. Sie werden weitergeteilt in gleichzeitige, wobei die Teile voneinander abhängig oder unabhängig sein können, und aufeinander folgende: auditive, visuelle usw. Zu den inneren gehört: Unterordnung oder Überordnung; Ähnlichkeit oder Gegensatz; Abhängigkeit in Kausalität oder Finalität. *Aschaffenburg* setzte der ganzen bisherigen Teilung eine zweite Klasse gegenüber, wo das Reizwort nicht durch sein Verständnis wirkt, sondern: 1) durch Schall: Endigungen, Assonanz; 2) als bloßer Reiz, so Wiederholungen des Reizwortes, sinnlose Wiederholungen früherer Assoziationen usw. Weitere Teilungen stammen von *Ziehen, Mayer* und *Orth, Claparède.* — Eine gut ausgeführte Teilung ist die von *Wreschner.* Seine Hauptklassen sind: einfache Assoziationen; mehrfache Assoziationen, wenn mehrere Beziehungen zwischen Reizwort und Reaktionswort im Bewußtsein waren; vermittelte Assoziationen, d. h. mit bewußtem Mittelglied; unbekannte Assoziationen.

Die erste Klasse wird weiter geteilt (was man auf die zweite übertragen kann): A. Formale Assoziationen. 1) Ähnlichkeiten: Reim, Alliterationen, Gleichklänge, Flexionen, Identität. 2) Sprachliche Ergänzungen: Wortergänzungen, sprachliche Erinnerungen, attributive Verbindung.

B. Inhaltliche Assoziationen. 1) Kombinationen, wo die beiden Inhalte von Reiz- und Reaktionswort selbständige Gebilde sind. a) Anschauliche: räumlich, zeitlich. b) Begriffliche: Gegensatz, Ähnlichkeit, sonstige Beziehungen, Unterordnung, Ursache, Wirkung usw. 2) Konnexionen, wo die Inhalte von Reiz und Reaktionswort ein einheitliches Ganzes ausmachen. a) Räumliche oder zeitliche, b) qualitative, Aussagen. — Das Wichtigste ist, daß *Wreschner* die Einordnung in diese Klassen völlig von der Selbstbeobachtung abhängig sein läßt.

Gesetzmäßigkeiten in den Assoziationsformen. *Wreschner* findet bei seiner großen Statistik: Fast 60 % sämtlicher Reaktionen waren inhaltlicher, nur 28 % formaler Natur; mehrfache Assoziationen waren etwa 8 %, vermittelte 2 %, unbekannte 2 %. Die kürzeste Zeit findet er bei den mehrfachen Reaktionen, wo mehrere Assoziationen mit gemeinsamem Endglied vorhanden sind; längere bei den inhaltlichen, den vermittelten, den formalen. Bei den formalen Assoziationen der Ähnlichkeit ist die Zeit um so kürzer, je öfter eine Art vorkam; eine Regel, die überhaupt innerhalb nahe verwandter Formen gilt. Unter den Kombinationen sind die begrifflichen häufiger und kürzer als die anschaulichen. Unter den begrifflichen wieder steht an Schnelligkeit und Häufigkeit der Gegensatz obenan.

Abhängigkeit der Assoziationsformen von den physiologischen Zuständen. Die Ermüdung erniedrigt auch die Qualität der Assoziation. (*Aschaffenburg*) Statt der Assoziationen, die vom Sinne des Wortes ausgehen, traten immer mehr solche hervor, die vom Schalle abhingen. Ebenso in pathologischen Fällen; *Kräpelin* findet, daß Alkohol leichter die innern als die äußern Assoziationen zerstört. Danach ist es unrichtig, daß der Alkohol die Ideen bereichert. Bei Tee dagegen sanken die äußern Assoziationen, die Wort- und Assonanzreaktionen. Nach *Sommer* und *Wreschner* nimmt die Qualität der Assoziationen um so mehr ab, je höher die Kategorie ist, zu der das Reizwort gehört.

§ 2. Gesetzmäßige Verhältnisse von Reizwort und Reaktionswort.

Literatur. *Peters,* Über Ähnlichkeitsassoziation, in ZPs 56 (1910) 161 ff. — *Dauber,* Über bevorzugte Reaktionen und verwandte Phänomene, in ZPs 59 (1911) 176 ff.

1. Übereinstimmung zwischen den Reaktionswörtern.

a) Die bevorzugten Reaktionen. Legt man einer größeren Anzahl von Versuchspersonen dasselbe Reizwort zur Beantwortung vor, so sind nicht alle Antworten unter sich verschieden. Eine Reaktion, welche von mehreren Versuchspersonen auf dasselbe Reizwort angegeben wird, heißt für dieses Reizwort bevorzugt, die von den meisten Personen angegebene die bevorzugteste; eine nur von einer Versuchsperson angegebene heißt isoliert. Da die Zahl der bekannten Wörter beschränkt ist, werden neu hinzutretende Personen immer weniger neue Reaktionswörter hinzubringen. Also muß mit der größeren Zahl der geprüften Personen die Zahl der bevorzugten Reaktionen zunehmen. So waren in einer Versuchsreihe bei 30 Personen 26 % der Reaktionen isoliert; bei Steigerung des Versuches auf 300 Personen nur noch 15 %. *Saling* (ZPs 49, 238 ff.) und *Reinhold* (ZPs 54, 183 ff.) unternahmen es zuerst, durch Massenversuche ein Assoziationslexikon aufzustellen. So fand sich auf das Reizwort „Acker" in 29,7 % die bevorzugteste Reaktion „Feld", in 6,3 % „pflügen" usw. *Schütz* (FsPs 4) fand bei den geprüften Reizwörtern die bevorzugteste Reaktion für die ungarische Sprache übereinstimmend mit der in der deutschen. Ebenso fand *Espers* bei englischen Studenten in 70 % Übereinstimmung mit den deutschen Werten, ein Beweis, daß hier der Begriff das Entscheidende ist.

Die Bevorzugung einer Reaktion hängt von verschiedenen Bedingungen ab, so vom Alter. *Thumb* zeigte, daß bevorzugte Reaktionen bei Kindern nicht so häufig sind wie bei Erwachsenen. Ebenso *Saling* und viele andere. Eine ähnliche Abhängigkeit besteht von der Bildung, wie schon *Wreschner* fand. Die Antworten der Gebildeten zeigten sich weniger individuell gefärbt als die der Ungebildeten. *Huber* (ZPs 59, 241 ff.) fand bei gewöhnlichen Soldaten weniger bevorzugte Reaktionen als bei Schülerinnen, die als gebildeter gelten können (68 gegen 84 %). Zugleich wirkte bei den Soldaten mehr die Bedeutung des Reizwortes. Das ist nach *Jung* und *Riklin* eine Eigenschaft der Ungebildeten, die mehr innere Assoziationen aufweisen als äußere. Dieses Resultat ist zunächst auffallend und im Gegensatz zu den Annahmen der älteren Assoziationsforscher; so sah einst *Meumann* ein Zeichen der Begabung in der Originalität, in der Abweichung der Reproduktionen vom Durchschnitt. Aber eine Nachprüfung *Reinholds* bestätigte das nicht. Nach *Römer* (FsPs 3 [1915]) nimmt allgemein die Zahl der bevorzugten und bevorzugtesten Reaktionen mit dem Alter und noch mehr mit der Intelligenz zu; sie beruht auf der sprachlichen Entwicklung. Dementsprechend ist die Zahl bei Hilfsschülern noch niedriger, als bei sonstigen Kindern.

Die bevorzugten Reaktionen sind, wie immer wieder gefunden wurde (*Thumb* und *Marbe, Menzerath, Schmidt, Watt, Wreschner, Peters*), schneller, um so schneller, je mehr sie bevorzugt sind. Das Gesetz erklärt sich wohl aus der gleich zu erwähnenden größeren Häufigkeit dieser Reaktionswörter in der Sprache. Aus dem Gesetz begreift sich weiter das Resultat *Jungs,* daß die Reaktionszeit bei Gebildeten kürzer ist als bei Ungebildeten; bei ersteren sind ja die bevorzugten Reaktionen häufiger. — *Kaeding* hatte die Geläufigkeit der einzelnen Wörter in der Sprache durch statistische Zählungen aus Büchern verschiedener Gebiete, aus Briefen, Parlamentsreden und ähnlichem festgestellt. *Dauber* teilte die Wörter nach ihrem *Kaeding*schen Häufigkeitswert in vier Gruppen und verglich sie mit der Bevorzugung; da fand sich: Die sprachhäufigsten Wörter sind durchschnittlich auch die bevorzugten Reaktionen. — Gegenseitige Reaktionen: Zwischen manchen Reizwörtern und

den zugehörigen bevorzugtesten Reaktionswörtern gilt auch das umgekehrte Verhältnis. So erfolgte die Reaktion „Donner — Blitz“ in dieser Reihenfolge in 51,9 %, in umgekehrter Reihenfolge in 61,5 % der Fälle (*Reinhold*).

Die bevorzugtesten Reaktionen haben ihren Grund häufig in der Erfahrung. *Menzerath* zeigte, daß Wörter, die mit andern in festen sprachlichen Verbindungen vorkommen, als Reizwörter einander am häufigsten reproduzieren. Ein Beispiel sind die militärischen Kommandos bei Soldaten: „Vorwärts — marsch“, „gerade — aus“. Diesen Zusammenhang konnte *Huber* durchaus bestätigen. Also die enge assoziative Verknüpfung ist wenigstens eine der Ursachen der Bevorzugung der Assoziationen.

Merkwürdigerweise kamen die bevorzugten Assoziationen auch dann vor, wenn auf sinnlose Silben zu reagieren war; und zwar nicht bloß, wenn darauf sinnvoll reagiert wurde, was die Regel ist, sondern auch, wenn mit sinnlosen Silben reagiert werden mußte. *Dauber* fand dann bei allen sinnlosen Silben auch bevorzugte Reaktionen, wenn auch viel seltener als bei sinnvollen (34 % gegen 75 % bei den sinnvollen). Sicher beweist das, daß die Bevorzugung nicht notwendig an die Geläufigkeit in der Sprache gebunden ist; diese fehlt ja bei den sinnlosen Silben. Anderseits war teilweise Bevorzugung, d. h. in einigen Lauten, dann fast allgemein. Die verschiedenen Reaktionen auf dasselbe Reizwort haben fast immer Laute miteinander gemeinsam.

Ganz anders wie mit dem Reaktionswort verhält es sich mit der Häufigkeit des Reizwortes in der Sprache, wie schon die gewöhnliche Erfahrung nahelegt. Stadtkinder können von Dingen, die sie oft sehen (die wir als Reizwörter betrachten können), eine erstaunliche Menge von Umschreibungen (Reaktionswörter) geben, von fernliegenden dagegen meist nur stereotype Redensarten. In der Tat ergab eine Vergleichung mit der *Kaeding*schen Tafel: Je geläufiger das Reizwort in der Sprache, desto größer ist die Anzahl der Reaktionen, desto seltener sind die identischen (bevorzugten) Reaktionen.

b) Die Wiederholungszahlen. Wiederholte Reaktionen sind solche, die auf verschiedene Reizwörter gleich sind. Im Assoziationslexikon *Reinholds* finden sich Wiederholungen von Assoziationswörtern ziemlich häufig. So hat bei ihm „schön“ als Reaktionswort die Wiederholungszahl 25, „groß“, „Haus“ jedes die Wiederholungszahl 15 usw. 75 % seiner Reaktionen sind Wiederholungswörter. Die Wiederholungswörter haben eine gewisse ausgezeichnete Stellung, die aber nicht wie die der bevorzugten Reaktionen auf einer engeren Assoziation beruht; denn sie treten ja bei verschiedenen Reizwörtern auf. Es ist also darin eine absolute Bevorzugung enthalten. Diese tritt auch bei andern Versuchen hervor, wenn man z. B. Schüler auffordert, ein ganz beliebiges Wort zu schreiben, wie *Reinhold* und *Dauber* fanden. *Marbe* (ZPs 56, 241 ff.) reiht diese Erscheinung unter das allgemeinere Gesetz der Gleichförmigkeit des psychischen Geschehens ein. Dazu gehört z. B. auch, daß bei der Aufforderung, eine beliebige Farbe anzugeben, die meisten rot nennen.

Nach *Dauber* tritt ein Wort um so häufiger als wiederholte Assoziation auf, je häufiger es in der Sprache gebraucht wird (nach der *Kaeding*schen Tafel). Auch mit der Bevorzugung zeigt die Wiederholungszahl einen Zusammenhang. Unter den bevorzugtesten Wörtern fanden sich mehr wiederholte als unter den isolierten.

2. Die Übereinstimmung zwischen Reizwort und Reaktionswort zeigt sich in vielen Beziehungen. So bemerkt *Wreschner* eine Übereinstimmung beider in der Silbenzahl des Wortes: auf einsilbige Wörter wird am häufigsten mit einsilbigen reagiert; ähnliches gilt von den mehrsilbigen. Bei eigenen Versuchen mit sinnlosen Reizwörtern fand *Peters* noch größere Übereinstimmung: auf fast 73 % der einsilbigen Wörter wurde mit einsilbigen reagiert, auf 61 % der zweisilbigen mit ebensolchen, auf 47 % der dreisilbigen mit drei- und mehrsilbigen. Noch größer war die

Übereinstimmung, wenn sinnlose Reizwörter mit sinnlosen Reaktionswörtern beantwortet wurden, wo sie etwa 90 % betrug und der Rhythmus immer derselbe war.

Etwas Ähnliches gilt von der grammatischen Kategorie der Wörter. Schon *Thumb* und *Marbe* fanden, daß auf Adjektiva in 87,5 % mit Adjektiva reagiert wurde. Allgemeiner *Watt:* Verwandtschaftsnamen, Adjektiva, Pronomina, Ortsadverbien, Zeitadverbien, Zahlen assoziieren vorwiegend Wörter derselben Klasse. Dasselbe wiesen *Schütz* für das Ungarische, *Espers* für das Englische nach. *Wreschner* nennt die Übereinstimmung in der grammatischen Kategorie Symmetrie der Reaktion; er findet sie um so stärker, je geläufiger das Reizwort ist, je schneller es zur Antwort führt, je geläufiger der Prozeß den Versuchspersonen ist; es scheint sich also um ein Übungsphänomen zu handeln.

Diese Fälle weisen auf das allgemeinere Gesetz hin, daß die Versuchsperson bei ihrer Antwort im allgemeinen im Vorstellungsgebiet des Reizwortes bleibt. Eine Anwendung ist es auch, wenn nach *Sommer* gewöhnlich beide Worte demselben Empfindungsgebiet angehören, auf eine Farbe eine Farbe folgt usw. *Peters* untersuchte diese Erscheinung unter dem allgemeineren Gesichtspunkt der Ähnlichkeitsassoziation. Die Ähnlichkeit kann in einer teilweisen Gleichheit der Glieder bestehen, wie zwischen (*a b c d*) und (*a b m n*); oder aber es ist eine relative Gleichheit, z. B. gleiche räumliche Gliederung, gleicher Rhythmus bei verschiedenen Elementen, gleiche Melodie in verschiedenen Tönen. Zu den Fällen der teilweisen Gleichheit gehören die Klangassoziationen. *Wreschner* fand nur 4 % von ihnen unter seinen Fällen; ähnlich *Reinhold*. Bei sinnvollen Assoziationen spielen sie also eine sehr kleine Rolle. Der Prozentsatz wächst aber sofort bedeutend an, wenn man mit sinnlosen Silben arbeitet. Läßt man zu einer sinnlosen Silbe alle einfallenden sinnlosen Silben fortlaufend schreiben, so war dann sehr häufig die Klangähnlichkeit maßgebend (*Peters*). Mußte auf eine sinnlose Silbe das erste einfallende sinnvolle Wort genannt werden, so kamen neben gelegentlichen Ergänzungen und Wiederholungen fast nur klangliche Reaktionen vor. Ähnlich fand *Dauber:* Bei Reaktionen auf sinnlose Silben, ob nun sinnvoll oder sinnlos reagiert wird, zeigen fast alle Reaktionen teilweise Gleichheit mit der Reizsilbe. Die größere Hälfte hatte zwei Laute gemeinsam. Am häufigsten waren die Reimreaktionen und das Anhängen von Suffixen. Zur relativen Gleichheit kann man die vorher genannten Resultate über Gleichheit der Silbenzahl rechnen.

Peters ließ in eigenen Ähnlichkeitsversuchen Silbenreihen lernen und bot dann bei der Prüfung eine mehr oder weniger ähnliche Silbe mit der Aufgabe, die ihr ähnliche, in der Reihe vorgekommene zu nennen. Daneben wurde in gewöhnlichen Gedächtnisversuchen durch eine Silbe der Reihe die darauf folgende reproduziert. Auch bei den Ähnlichkeitsassoziationen war die Reproduktionszeit bei den richtigen Fällen am kleinsten, bei den falschen Fällen größer, bei den Nullfällen am größten. Ferner ist die Trefferleistung um so größer, je ähnlicher die Prüfungssilbe zur gesuchten ist. Die richtigen Leistungen für die Gedächtnis- und Ähnlichkeitsversuche gehen nicht bei allen Versuchspersonen parallel.

Erklärung: Nach *Peters* ist die Ähnlichkeitsassoziation auf eine Mitwirkung der Perseverationstendenz zurückzuführen. Wenn die Vorstellung (*a b c d*) ganz wiederkehrt, haben wir einfache Perseveration; wenn sie dagegen das teilweise gleiche (*a b m n*) bewirkt, haben wir ein Zusammenwirken der von (*a b*) auf (*m n*) gerichteten gewöhnlichen Assoziationstendenz und der von (*a b*) ausgehenden Perseverationstendenz. Daß (*a b c d*) nicht ganz wiederkehrt, ist vermutlich eine Folge der Aufgabe, welche etwas Neues verlangt, ähnlich wie wenn die Aufgabe zum Reimen bestände. Alle Ähnlichkeitsassoziation, deren Ähnlichkeit teilweise Gleichheit

ist, läßt sich so als teilweise Perseveration erklären. Das gilt in der Ideenflucht, wo viele Reime auftreten, also Bestandteile bleiben. Auch die Fälle der relativen Gleichheit lassen sich so erklären; nur ist da der gemeinsame Bestandteil unselbständig; so perseveriert die Melodie oft ohne die Tonhöhe, der Rhythmus eines Gedichtes ohne die Worte, die Lage der Haustüre ohne ihr genaueres Bild.

Wenn zu einer sinnlosen Silbe ähnlich klingende geweckt werden, haben wir dieselbe Erscheinung wie bei der Ideenflucht. Nur muß zur Erzielung von Klangreaktionen bei Normalen von sinnlosen Worten ausgegangen werden, da die Bedeutung sonst stört; bei der Manie ist das nicht der Fall, die Worte werden da mehr klanglich aufgefaßt. Je mehr Laute in der Silbe geändert werden, desto geringer ist die Wirksamkeit der von den übrigen ausgehenden Reproduktionstendenzen, ein desto kleinerer Teil des Wortes wird perseverieren dürfen. Aus der Verschiedenheit der beiden Tendenzen, die im Spiel sind, erklärt sich auch die verschiedene individuelle Leistungsfähigkeit im Gedächtnis- und Ähnlichkeitsversuch.

§ 3. Die Komplexforschung.

Literatur. *Kramer* und *Stern*, Selbstverrat durch Assoziation, in Beiträge zur Psychologie der Aussage II (1906) 457 ff. — *Stein*, Tatbestandsdiagnostische Versuche bei Untersuchungsgefangenen, in ZPs 52 (1909) 161 ff. — *O. Lipmann*, Die Spuren interessebetonter Erlebnisse und ihre Symptome, in Beiheft 1 zu ZAngPs (1911).

1. Die theoretische Grundlage. Nach *Freud* hängen manche krankhafte Symptome, z. B. der Hysterie, mit affektbetonten Vorstellungen, „Komplexen" zusammen, welche aus dem Gedächtnis verdrängt sind und dadurch manche Störungen verursachen. *Jung* benutzte zur Auffindung der Komplexe das Assoziationsverfahren. *Wertheimer* und *Klein* wandten die Assoziationsreaktion zuerst an, um das Wissen der Versuchsperson in Bezug auf Erlebnisse zu beweisen, welche sie verheimlichen möchte. Bietet man nämlich Reizwörter, welche an das Erlebnis erinnern, so ist wahrscheinlich, daß das Erlebnis irgendwie verraten werde. Wenn aber auch dieser Verrat nicht eintreten sollte, tritt wenigstens oft eine sinnlose Reaktion ein oder es wird die Reaktionszeit verlängert. Weil auf diese Weise nachgewiesen werden kann, ob die Versuchsperson Kenntnis von einem früheren Tatbestand hatte oder nicht, sprachen *Wertheimer* und *Klein* von Tatbestandsdiagnostik. Kürzer nennen andere diese Untersuchung Komplexforschung.

Ein Laboratoriumsversuch von *Kramer* und *Stern* veranschaulicht die Methode. Von sieben Versuchsteilnehmern wurde einigen ein Bild vorgezeigt und genau beschrieben, andern eine interessante Geschichte vorgelesen und eingeprägt, vor andern endlich ein Vorgang ausgeführt. Im Hauptversuch wurden dann allen 100 Reizwörter zum Reagieren dargeboten, wovon 49 harmlos waren, 21 zum Erzählungskomplex gehörten, 16 zum Bildkomplex und 14 zum Vorgangskomplex. Alle mußten sich bemühen, ihre Kenntnis zu verheimlichen. Ein anderer Versuchsleiter, der nicht wußte, wie sich die einzelnen Erlebnisse verteilten, konnte aus den Resultaten der Reaktionen in der Tat bei vier Personen richtig feststellen, daß sie die Erzählung gehört hatten, bei drei, daß sie das Bild gesehen hatten; die Teilnahme am Vorgang konnte nur mit Wahrscheinlichkeit festgestellt werden. Falsch war nur, daß bei einem das Hören der Erzählung nicht ausgeschlossen werden konnte. Manchmal fanden sich verräterische Assoziationen. Besonders aber war die Verlängerung der Komplexreaktionen immer deutlich bemerkbar und ermöglichte hier die Entdeckung.

Allgemein wendet man beim gewöhnlichen Assoziationsversuch entweder den inhaltlichen Selbstverrat an, indem von der Versuchsperson andere Teile des Er-

lebnisses genannt werden, welche bloß derjenige wissen kann, der es durchgemacht hat, oder, wenn es glückt, die verräterischen Assoziationen zu unterdrücken, was nicht immer gelingt, so wird wenigstens die Reaktionszeit verlängert, um ein harmloses Wort zu finden, oder die Reaktion wird sinnlos. Die Verlängerung der Reaktionszeit beziehen viele auf Unlust. Wichtiger erscheint die Interessebetonung, indem verschieden gerichtete Reproduktionstendenzen sich hemmen.

2. Die Ausführung der Versuche. *Lipmann:* Die Reizwörter, welche man als Symptome benutzt, dürfen nicht überhaupt jedem verdächtig erscheinen. So findet *L. Dooley* (AmJPs 27 [1916]) als ziemlich verbreitete Komplexe folgende: Heirat, Traum, Tod, Sünde, Sarg, Braut, Freundschaft usw. Eine Vorbedingung ist natürlich, daß sich die Versuchsperson überhaupt auf das Experiment einlassen will. Wenn sie schweigt, ist mit ihr nichts anzufangen, wenn man nicht aus der Tatsache des Schweigens selbst schließen will; ebenso wenn sie dauernd sinnlos reagiert. Es muß eine genügende Anzahl Reizwörter geboten sein, da sonst nicht verglichen werden kann. Die Komplexwörter müssen so sein, daß sie beim Beteiligten den Tatbestand wecken, für den Unbeteiligten dagegen gleichgültig sind. Die Komplexwörter dürfen sich von den andern aber sonst in nichts unterscheiden, nicht schwerer verständlich, absonderlich, stärker betont sein. Die Reihe muß neben dem Beteiligten zugleich auch Unbeteiligten dargeboten werden, da nur aus dem Vergleich Schlüsse gezogen werden können. So fand *Saling,* daß auf 6 der 43 Reizwörter *Wertheimers* mit geläufigen Reaktionswörtern geantwortet wurde, die dieser für Komplexreaktionen hielt, in einem Falle war das sogar die geläufigste Reaktion. Das wichtigste Symptom ist die Verlängerung der Reaktionszeiten bei den Komplexen gegenüber den Kontrollversuchen. Man stellt fest, ob auf Komplexwörter häufiger sinnlos oder qualitativ abnorm reagiert wurde als auf gleichgültige. Das gefundene Verhältnis muß dabei mit Hilfe einer unbeteiligten Versuchsperson verglichen werden. War die Reihe gut gewählt, so muß der Quotient der Zeiten der gleichgültigen und Komplexreaktionen für einen Unbeteiligten nahe gleich 1 sein.

Von andern Methoden, die dasselbe Ziel verfolgen, sei nur die Kombinationsmethode erwähnt. Man erzählt eine Geschichte, die im Inhalt mit dem zu prüfenden Erlebnis manche Einzelheiten gemeinsam hat. Wenn man diese Geschichte dann wieder erzählen läßt, werden sich unvermerkt beim Beteiligten Elemente des Erlebnisses einmischen. Dazu kann weiter eine Prüfung durch ein Verhör treten, wo neben indifferenten Fragen andere gestellt werden, die im Sinne des Erlebnisses und der Geschichte verschieden zu beantworten wären. Die Beteiligten machen da mehr Komplexfehler als Unbeteiligte. *Lipmann* und *Wertheimer* fanden bei solchen Versuchen oft bei den wirklich Beteiligten verhältnismäßig viele Komplexfehler; doch lernten sie durch Übung manche vermeiden.

3. Das bisherige Resultat dieser Versuche. *Kramer* und *Stern* hatten bei ihrem Versuch, wie wir sahen, ein durchaus positives Resultat. Der inhaltliche Selbstverrat war allerdings nicht sehr häufig; auf die 150 Reaktionen für Komplexreize kam er nur siebenmal vor. Dagegen ließen die Zeitmessungen fast nie im Stich, worauf auch schon *Jung* hinwies. Freilich hat dieses Kriterium in der gerichtlichen Praxis nie die schlagende Überzeugungskraft wie eine eindeutige inhaltliche Beziehung.

Stein dehnte den Assoziationsversuch auch auf wirkliche Verbrecher aus, teils solche, die eingestanden hatten, teils Untersuchungsgefangene. Er ergänzte den Versuch immer durch Verwendung einer Kontrollperson und die Befragung des Subjektes nach dem Grunde seiner Reaktionen. Die Versuchsperson war dabei nicht immer imstande, ihre gefühlsbetonten Assoziationen zu unterdrücken, ja be-

merkte oft den Selbstverrat nicht. Meist gelingt freilich die Verdrängung; dann treten aber die übrigen Komplexsymptome um so deutlicher hervor, oft eine sinnlose Reaktion. Das bedeutendste Symptom ist die verlängerte Reaktionszeit, die sich meist auch noch in den nachfolgenden (postkritischen) Reaktionen geltend machte. Als Mittelwert bei den zehn Tätern zeigte sich eine Differenz von 1,6″ zwischen kritischen und indifferenten Reaktionszeiten, während bei der Kontrollperson nur eine Schwankung von 0,1″ vorkam. Andere Komplexmerkmale waren bei ihm: die Wiederholung des Reizwortes; ferner wie im gewöhnlichen Leben hört man unangenehme Vorstellungen schlechter; ähnliche Bedeutung hat das Stocken in der Antwort, Zeichen der Verlegenheit, eine Handbewegung, unmotiviertes Lachen usw., was alles für sich nicht viel bedeutet, aber einen Verdacht verstärken kann.

Zusammenfassend urteilt *Lipmann* nach einer Durchprüfung von 20 Arbeiten über dieses Thema: Viele der bisherigen Untersuchungen enthalten noch grobe methodische Fehler. Oft ist die Versuchsanordnung „zu stark", so daß auch der Unbeteiligte aus den Reizworten den Komplex erraten kann, also von da an nicht mehr Kontrollperson ist. Trotzdem ist die große Zahl positiver Resultate deutlich. Besonders das Symptom der verlängerten Komplexreaktionszeiten ist durch sehr viele Resultate belegt. *Menzerath* (5 CgEPs) macht darauf aufmerksam, daß bei der Unfallneurose oft jedes Komplexsymptom fehlt; ebenso beim chronischen Alkoholismus wegen der Gefühlsstumpfheit, und dieser ist gerade bei Verbrechern sehr häufig. — Die meisten Forscher geben zu, daß die Übertragung auf die gerichtliche Praxis noch viele weitere Laboratoriumsversuche voraussetze. So ausdrücklich *Kramer* und *Stern*. *Stein:* Für die Praxis ist die Methode noch nicht direkt zu gebrauchen; sie kann leicht auch den Geübteren zu schweren Irrtümern führen. Ebenso *Lipmann* und *Wertheimer*.

§ 4. Der ganze Assoziationsvorgang in seinem psychologischen Verlauf.

Literatur. *Westphal*, Über Haupt- und Nebenaufgaben bei Reaktionsversuchen, in ArGsPs 21 (1911) 219 ff. — *Koffka*, Zur Analyse der Vorstellungen und ihrer Gesetze, 1912.

1. Die Abhängigkeit des Verlaufes von der Einstellung. Offenbar bestimmt sich der ganze Assoziationsvorgang wesentlich nach der Aufgabe, die gegeben war, und der Art, wie sie verstanden wurde. Auch im einfachsten Falle, wenn es heißt, die erste neu auftauchende Vorstellung zu nennen, muß der Sinn der Aufgabe verstanden sein, das Auftauchen von Erlebnissen beobachtet werden, eine Vorstellung als genügend verschieden von dem Ausgangsglied erkannt, ihre Benennung als Erfüllung der Aufgabe beurteilt werden und es dadurch zur Reaktion kommen. Bei öfterer Wiederholung kann sich manches aus dieser Reihe mechanisieren, so daß wir in den automatischen Reaktionen fast einen reflexartigen Vorgang vor uns haben.

Meumann machte zuerst auf den wesentlichen Unterschied der Einstellung aufmerksam. Manche Forscher fanden Zeiten bis zu 5″, andere bloß 1″. In Wirklichkeit setzten sich die Versuchspersonen da verschiedene Ziele: entweder möglichst schnell zu reagieren oder die Aufgabe möglichst gut zu erfüllen. — Nach *Messer* (1906) engen die Versuchspersonen die gegebene Aufgabe regelmäßig ein. Sie suchen eine innere Beziehung, wollen sinnvoll reagieren, suchen etwas Geistreiches, vermeiden Klangreaktionen, unsymmetrische Reaktionen. Es wird oft angegeben, man habe ein Wort gehemmt, weil es schon einmal dagewesen oder zu trivial war.

Ein Beobachter versuchte ausdrücklich, nicht auf Sinnvolles zu warten, sondern jedes auftauchende Wort anzugeben; trotzdem waren seine Reaktionen wie vorher, der Zwang ist zu stark. — *Bovet* (ArPs [f] 9 [1910]): Der Grund dieser Einengung sind allgemeinere Tendenzen, die sich im Leben ausgebildet haben: das Streben nach Harmonie, die Furcht, sich zu wiederholen, lächerlich oder dumm zu erscheinen, die Sorge um grammatische oder literarische Korrektheit, die Sorge um die Wahrheit. So macht man aus der Aufgabe, ein beliebiges Adjektiv zum gebotenen Substantiv zu bringen, die viel engere, ein Adjektiv zu nennen, das vom Reizwort ausgesagt werden kann, noch nicht da war, nicht banal, lächerlich, unästhetisch ist. — Genauer beschreibt *Koffka* die von außen oder innen, bewußt oder unbewußt sich ausbildenden Einstellungen auf die Lösung der Aufgabe, die „determinierenden Tendenzen".

Von der Aufgabe geht unter anderem die Tendenz aus, die den ganzen Prozeß abschließt, die normal einsetzt, wenn die Aufgabe gelöst ist. Bisweilen war sie so stark, daß sie zu einer vorzeitigen Reaktion führte. Auch die Lösungstendenz, die die richtige Reproduktion bewirkt, kann sich im Bewußtsein selbst zeigen: bisweilen als eine quälende Leere; bisweilen fragt man sich klar, ob die Aufgabe erfüllt sei. Es bestehen weiter Tendenzen für Teile der Aufgabe, für das energische Erfassen des Reizwortes usw. Natürlich sind das alles nur Teilziele, die von dem Aufgabenbewußtsein beherrscht sind. — Andere Tendenzen sind nach *Koffka* von der Aufgabe unabhängig. Eine Darstellungstendenz geht darauf aus, Wortvorstellungen mit visuellen Bildern zu erläutern. Im Bewußtsein treten sie nur dann öfter hervor, wenn die Ausführung der Absicht nicht entspricht. — Den umgekehrten Prozeß, zum Bilde das gehörige Wort zu finden, ordnet er einer Benennungstendenz unter, wobei zur gewöhnlichen Assoziation das Neue hinzukommt, daß das Bewußtsein der Zusammengehörigkeit vorhanden ist. — Oft stellen sich die Versuchspersonen die Aufgabe, eine allgemeinere Vorstellung, die sie haben, zu individualisieren. In allen genannten Fällen handelt es sich um ein Mittel zur Lösung der Aufgabe. Den Mechanismus wird nach dem früher Erörterten (S. 579) freilich nicht die Konstellation unabhängiger Elementarassoziationen bilden, sondern die Ergänzungen von Komplexen und Wissensaktualisierungen, die die erforderlichen Kontrollprozesse usw. von selbst wecken.

Eine Abart der determinierenden Tendenzen sind die latenten Einstellungen, welche den Vorstellungsablauf beeinflussen, ohne daß sie einem eigenen Willensentschluß ihre Entstehung verdanken; sie werden bisweilen nachträglich bewußt. Dazu gehört, neben den vielen vorher von *Messer* und *Bovet* angegebenen, häufig die Einstellung auf schnelles Reagieren (auch ohne eigene Instruktion dazu), auf Wortreaktionen, auf einen bestimmten Weg, die Instruktion zu erfüllen. Eine solche Einstellung entsteht oft so, daß eine zufällige Reaktion, die zur betreffenden Einstellung gehörte, die Lösung der Aufgabe erleichterte oder gar erst möglich machte. Das braucht dann der Versuchsperson nicht als solches bewußt zu werden und kann doch ebenso wirken, als wäre es bemerkt worden. Eine latente Einstellung wirkt bisweilen noch auf eine spätere Reihe ein. So war es, wenn bei *Dauber* fast jede Person bei den Reaktionsversuchen ihren Typus beibehielt, wo auf sinnlose Silben mit ebensolchen zu reagieren war.

Die Instruktion kann auch negativ sein, z. B. auf ein vorgezeigtes Bild beliebig zu reagieren, nur nicht mit dem Namen. *Langfeld* und *Geisler* (ArGsPs 29, Litber. 63 ff.) fanden übereinstimmend, daß der Unterschied einer solchen negativen Instruktion gegenüber einer positiven nur darin besteht, daß sich in ersterer eine Phase der Unterdrückung findet. Die positive weckt nur eine determinierende Tendenz, die negative zwei; sie zieht die verbotene Leistung ins Bewußtsein und hindert ihr Aussprechen. Wenn man bei längerer Übung das Auftauchen des

Namens schließlich hindert, so liegt darin nur die Einsetzung einer zweckentsprechenden positiven Instruktion.

Schon das Bisherige zeigt, daß der Inhalt der ausdrücklich gegebenen Instruktion nicht entfernt dasjenige erschöpft, was die Versuchsperson in ihrem Versuch beabsichtigt. Die Instruktion wird vielmehr in ganz bestimmter Weise enger umschrieben, teils bewußt teils unbewußt, und dient dann als Maßstab für die Zulassung oder Ablehnung der auftauchenden Bewußtseinserlebnisse.

2. Der Verlauf der Reaktion. a) Die Auffassung des Reizwortes. Bisweilen wird das zugerufene Wort falsch aufgefaßt. Die sinnliche Auffassung des Reizwortes beschreibt *Kakise:* Wird das Reizwort abgelesen, so folgt fast immer (in 93 %) seiner Fälle) die akustisch-motorische Reproduktion. Wurde es vorgesprochen, so nur in 9 %, gewöhnlich nur, wenn das Reizwort schwierig oder das Aussprechen undeutlich war. Bei bekannten Wörtern war das innere Lesen von Buchstaben und Wörtern oft abgekürzt, bei schwierigen Wörtern wurde es klarer. Wurden die Wörter vorgesprochen, so kam eine visuelle Reproduktion des Wortes öfter vor, aber nie, wenn es zum Lesen geboten wurde.

Die Stufen, welche das Verständnis des Wortes durchläuft, wurden schon früher eingehend beschrieben (S. 413). Manche Forscher geben an, daß bisweilen das Reizwort nur als Empfindung aufgefaßt werde; so in den Fällen von Wortergänzungen, Reimen, Wiederholungen des Reizwortes. Richtig ist, daß da nicht der Sinn das Reaktionswort auslöst, aber daraus folgt nicht, daß der Sinn überhaupt nicht aufgefaßt worden sei. Bei *Wreschner* wurde nie von der Selbstbeobachtung angegeben, daß eine Reaktion auf Grund des bloß sinnlos aufgefaßten Reizwortes erfolgt sei. Bei den Klangassoziationen wurde zuerst vergeblich nach anderem gesucht; man erfaßt zwar den Sinn, vermag ihn aber nicht zum Reproduktionsmotiv zu machen.

Häufig treten zum Reizwort Gedächtnisbilder auf, Erinnerungen an persönliche Erlebnisse; bei *Kakise* in $^2/_5$ seiner Fälle, wenn die Reaktion passiv war, dagegen selten, wenn aktiv. Leichter kommen Gedanken an gegenwärtige Objekte der Wahrnehmung vor, die bei gewissen Reizwörtern naheliegen, z. B. Fenster, Uhr; nach *Wreschner* am meisten bei Kindern, mit einer beträchtlichen Verlängerung der Reaktionszeit. Sind die Reizwörter sinnlos, so wird fast immer daraus durch Ergänzung oder Änderung ein sinnvolles Wort gemacht; es wird das Wort etwa in Teile zerlegt und diese dann untersucht. Bei unverständlichen Sätzen ist diese Tendenz noch stärker.

b) Der folgende Prozeß (*Wreschner*). Die Antwort kann automatisch erfolgen ohne jedes Suchen; das tritt gerade bei den nächstliegenden und trivialsten Antworten ein. Bei *Wreschner* ergab die Selbstbeobachtung etwa $^1/_2$ % solcher Fälle. Die Reaktionszeit ist dabei bedeutend verkürzt. Meist handelt es sich um Gegensätze in Wörtern.

Öfter wird eine Reproduktion gesucht, z. B. eine Veranschaulichung des Sinnes des Reizwortes, ein Gegensatz, eine höhere Gattung usw. (Genauer *Roels* in Annales . . . Louvain 3 [1914].) Manchmal wird eine zunächst kommende Antwort zurückgewiesen: etwa weil sie sinnlos ist oder schon dagewesen war oder nicht passend erscheint; dabei ist die Reaktionszeit verlängert. Es kann aber auch ohne jede Aktivität eine Antwort durch eine andere verdrängt werden. Sehr häufig tritt eine kleine Pause ein, die sich zu einer Leere vergrößern kann; um so öfter, je ferner das Reizwort liegt. Eine Reaktion kann durch gegenwärtige, wahrgenommene Objekte vorbereitet sein oder durch die Perseverationstendenz, durch Ereignisse der letzten Zeit. Die Reaktionszeit wird dadurch verlängert, besonders wenn das Endglied so vorbereitet ist. — Das Verstehen oder Nichtverstehen der

Aufgabe weckt auch häufig Gefühle. Die Verlängerung des Suchens kann unangenehm sein. Es tritt Angst auf, nichts zu finden, Befriedigung über den Fund, Reue über die getroffene Entscheidung, wie bei jeder sonstigen willkürlichen Anstrengung (*Bovet*).

c) Wie wirkt die Aufgabe in den Assoziationsvorgang hinein? *Bovet:* Wenn die Aufgabe ausgeführt wird, ohne daß man daran dachte, kann es sein, daß der Gedanke zwar vorhanden, aber flüchtig und bald vergessen war, oder aber die Aufgabe ist durch Gewöhnung automatisch und unbewußt geworden. Gewöhnlich tritt die Aufgabe dann wieder ins Bewußtsein, wenn eine Stockung eintritt. *Müller* zählt genauer folgende Verfahrungsweisen auf (*M* § 126): Es kann sich um absolut bestimmte Aufgaben handeln, wo nur eine Leistung folgen soll: dann wird in der Vorbereitungsperiode einfach diese Assoziation gebildet; oder um relativ unbestimmte Aufgaben. So ließ *Watt* gelegentlich zum Reizwort einen übergeordneten Begriff suchen. *Ach* forderte: Mit zwei Zahlen, die erscheinen werden, soll eine Rechenoperation ausgeführt werden, die man sich vorher vorgenommen hat; zu einer erscheinenden Silbe soll ein Reim gebildet werden usw. Die Ausführung kann sich dann verschieden gestalten:

1) Bisweilen tritt nach dem Reiz die Aufgabe selbst wieder auf; die Ausführung begreift sich dann leicht. Für einen Reim etwa wird einfach der erste Konsonant durch einen andern ersetzt. War ein koordinierter Begriff zu suchen, so überließ man sich bisweilen den zufälligen Reproduktionen und wählte erst nachher unter ihnen die richtige aus; oder man findet etwa, daß sich besonders leicht das Gegenteil nennen läßt, und sucht dieses in Zukunft sofort.

2) Öfter wird bei der willkürlichen Vorbereitung die Vorstellung des Reizwortes direkt mit einer zweckmäßigen Verhaltungsweise assoziiert, welche dann später gleich auftaucht, ohne daß die Aufgabe selbst bewußt werden muß. Es wird etwa vorgenommen, zwischen den erscheinenden Zahlen das Zeichen der Addition (+) zu setzen und dann weiterzufahren.

3) Manchmal kann man von der assoziativen Vorbereitung nichts sagen. Sie hat vielleicht schon bei der Übernahme der Instruktion stattgefunden; oder es hat sich nach einiger Übung nach dem Gesetz der Ausschaltung eine unmittelbare Assoziation zwischen der Vorstellung des Reizwortes und dem zweckmäßigen Verhalten gebildet, wodurch die Vorstellung der Aufgabe ausgeschaltet wurde. Das sind die latenten Einstellungen im Sinne *Koffkas,* die sich aus den Versuchen von selbst entwickeln.

4) Der Fall der latenten Kooperation der Aufgabe. Eine solche latente Kooperation liegt besonders vor, wenn in der Hypnose die Suggestion des Addierens für die nachher erscheinenden Zahlen gegeben war und nun nach der Hypnose beim Sehen der Zahlen ohne weiteres wirklich addiert wird, ohne daß die Erinnerung an die Instruktion gekommen wäre. Da wirkt eine schwach bewußte, in Bereitschaft befindliche Aufgabe mit.

5) Ein neues Prinzip soll die durch *v. Kries* angegebene konnektive Einstellung sein: in der Aufgabe I soll A mit a, B mit b usw. verknüpft sein, in der Aufgabe II dagegen A mit c, B mit a usw. Dann werde bei Aufgabe I durch eine Art Weichenstellung die erste Assoziationsreihe besonders ansprechbar gemacht.

Wie durch einen andern Schlüssel in der Musik alle Noten entsprechend umgeändert werden, so sei bei der Aufgabe „Addieren" die Zusammenstellung 5 | 7 mit 12 assoziiert, bei der Aufgabe „Multiplizieren" mit 35. Daß hierbei indessen ein neues Prinzip anzunehmen sei, ist nicht bewiesen. Sicher lassen sich die Resultate auch durch latente Kooperation der Aufgabe „5 | 7 und Addieren" erklären. *Koffka:* Die Erklärung durch Weichenstellung ist unfaßbar. Soll jemand zu jedem Begriff einen übergeordneten bilden, so wäre dann zu sagen, durch die Annahme der Aufgabe sei das Nervensystem so beeinflußt, daß die Bahnen aller Worte zu den übergeordneten Begriffen gebahnt, die andern gehemmt seien. Das ist physiologisch nicht auszudenken. — Es ist klar, daß hier durch die Komplexergänzungen im Sinne von *Selz* die Lösung wesentlich erleichtert wird.

d) Die Übung zeigte bei *Wreschner* ein merkwürdiges Verhalten. Mit den aufeinander folgenden Tagen nahm die Reaktionszeit nicht ab, sondern schwankte regellos. Bei Scheidung der Personen klärte sich das auf: bei den Gebildeten trat sogar eine stetige Verlängerung der Zeit ein, bei den Ungebildeten eine allmähliche Verkürzung. Dem Gebildeten ist der Reaktionsvorgang wohl so geübt, daß er keine derartige Beschleunigung mehr erfährt wie beim Ungebildeten. Anderseits steigert sich bei ihm die Verschiedenheit in den Assoziationsarten von Tag zu Tag. Anfangs ist man von bestimmten Assoziationsrichtungen eingenommen; später sucht man Veränderung. Nun bedingt aber die gesteigerte Mannigfaltigkeit in den Assoziationsformen eine fortschreitende Zeitverlängerung.

3. Hauptaufgabe (H) und Nebenaufgabe (N). Bei gleichzeitigem Vorhandensein mehrerer Aufgaben im gewöhnlichen Leben bildet sich bald eine Unterordnung unter ihnen aus; die Rangordnung bewirkt weiter eine Verschmelzung in eine zusammengesetzte Handlung. Zur Untersuchung dieser Unterordnung ließ *Westphal* von einer einfachen Figur die Zahl der Ecken und die größte Seite herausfinden. Die Leistungen wurden zuerst einzeln geübt, dann zusammen, mit oder ohne Verlangen einer bestimmten Unterordnung. Zum Verständnis der Resultate müssen wir schon hier ein anderes Ergebnis seiner Untersuchung vorwegnehmen, nämlich:

a) Die formalen Stufen des Bewußtseins. Eine niederste Stufe besteht darin, daß ein Erlebnis nur als dagewesen erschlossen werden kann, weil es etwa zu einer Handlung führte. Eine höhere Bewußtseinsstufe ist es, wenn das Resultat bewußt gegeben ist, etwa die Linie gesehen, aber noch nicht im Sinne der Aufgabe verwertet. Noch höher steht: Das Resultat wird unter dem Gesichtspunkt der Aufgabe gesehen, wird beachtet. Bei leichterer Aufgabe liegt dann auch das nächste, ein potentielles Wissen um die Eigenart der Figur, vor, z. B. daß es ein Dreieck ist, aber ohne den Namen gegenwärtig zu haben. Bei schwererer Aufgabe dagegen bleibt man beim Beachten stehen. Endlich kann das Resultat konstatiert sein, häufig mit einem Wort, bisweilen durch Zeichen, was *Westphal* aktuelles Wissen nennt.

Anwendung. Die Lösung einer einzelnen Aufgabe verlangt normal ein potentielles Wissen. Es gilt den Versuchspersonen nicht als genügend, den Sinneseindruck zu haben, aus dem man nachher die Lösung finden kann; dagegen wird eine volle Konstatierung des Resultates nicht verlangt. Das Beachten ist meist durch die Gegenwart eines bestimmten Gesichtspunktes definiert, das bloße Gegebensein durch das Fehlen des Gesichtspunktes und die damit verbundene Passivität. Es ist ein Unterschied, ob eine Aufgabe wenigstens gegeben war oder ganz ausfiel; im letzteren Falle kann nachher nicht darauf geantwortet werden, im ersteren wohl. — Das Gegebensein ist eine Bedingung für alle höheren Stufen. Das Hinwenden zum Objekt scheint notwendig, um dann den Gesichtspunkt darauf anzuwenden. Ein Beachten unter dem Gesichtspunkt der Aufgabe ist Bedingung dafür, daß ein potentielles Wissen davon sich bildet, ebenso für die Konstatierungen. Erst im Wissen

wird das Objekt vergegenständlicht, bekommt eine selbständige Existenz. Der Prozeß der Entwicklung kann aber bei irgend einer Stufe stehen bleiben. Nur wenn die Absicht der Erkenntnis des Reizes besteht, folgen sie aufeinander.

Das aktuelle Wissen ist seltener, hat auch nicht eine so große Bedeutung, da es bloß eine Art Abschluß ist; die größte Bedeutung für das Denken hat das potentielle Wissen. Wenn im Gedankengang alles formuliert werden müßte, kämen wir nicht so leicht voran. — Für das Behalten ist das Beste das Konstatieren, aber auch das potentielle Wissen kann behalten werden. So zeigte *Bühler* die Möglichkeit des Behaltens unabhängig von den Wörtern. Sehr wichtig für das Behalten eines Gegenstandes ist auch das Beachten desselben nach möglichst vielen Gesichtspunkten. Doch kann selbst das bloß bewußt Gegebene behalten werden; man kann noch nachträglich einen Gesichtspunkt darauf anwenden. Die Aussage kann durch das bloß gegeben Gewesene vollständiger werden. Das Konstatieren dient der Zuverlässigkeit der Angaben, aber auf Kosten der Vollständigkeit. — In dieser Unterscheidung der Bewußtseinsstufen ist das Wort „potentielles Wissen" mißverständlich. Der damit beschriebene Zustand ist ja nach gewöhnlicher Ausdrucksweise durchaus als aktueller bewußtseinsgegenwärtiger Gedanke zu bezeichnen. Man unterscheidet hier besser das „einfache Wissen" von dem „konstatierten (formulierten) Wissen".

b) Die Kriterien der Unterordnung mehrerer Aufgaben. Die Reihenfolge der Lösung der Aufgaben ist da von Bedeutung; sie wird als das reguläre Kennzeichen der Unterordnung angesehen. Oft wird die Nebenaufgabe (N) unterbrochen und erst nach der Lösung der Hauptaufgabe (H) wieder aufgenommen; oder N wird überhaupt erst angefangen, wenn H gelöst ist. Aber nicht so sehr die Reihenfolge selbst entscheidet, die auch ohne Unterordnung vorkommen kann, sondern daß sie absichtlich herbeigeführt und auch entgegen den Einflüssen der verschiedenen Reize durchgeführt wird. — Die Beteiligung der Bewußtseinsstufe für die Unterordnung: H ist meist auf höherer Bewußtseinsstufe als N; die höchste Stufe, welche H erreicht, liegt zeitlich vor der des N. N ist manchmal im Anfang gar nicht im Bewußtsein, was bei H nie der Fall ist. Liegt N zeitlich vor H, so ist es nur in der Form des Gegebenseins; N ist meist nur gegeben, oder noch weniger als das; H ist niemals bloß gegeben.

Die Unterordnung offenbart sich nach *Westphal* in zweierlei: 1) in der relativen Konstanz der gesamten Struktur. Bisweilen ist die Reihenfolge die Hauptsache für die Unterordnung. Ist anfangs die Reihenfolge falsch, so sucht die Versuchsperson möglichst schnell über N hinwegzukommen. Für das Erleben der Unterordnung verlangt die Versuchsperson, daß sie dieselbe Struktur absichtlich beibehält. 2) in der relativen Inkonstanz, Zufälligkeit, Stellung und der Bewußtseinsstufe von N im Verhältnis zu H. N hängt stark vom Reiz ab; daneben wirkt für die konstante Stellung die Gewohnheit. Beides widerspricht sich teilweise und liefert so Mischwirkungen. Das Wesentliche ist nicht, daß für N gewöhnlich der Bewußtseinsgrad niedrig ist, sondern daß sich die Versuchsperson damit begnügt. — Ferner ist für H meist eine konstante Methode da, nicht für N.

Weiter kann über das Ergebnis von N weniger ausgesagt werden als über das von H. Es wird oft bloß auf H reagiert, N nur mitgenommen. Für H wird auch mehr Zeit gebraucht, wenn nicht N sehr schwierig ist. Bisweilen ist in der Vorperiode im Bewußtsein die ausdrückliche Vergegenwärtigung beider Aufgaben mit ihrer Rangordnung. Die Absicht der Unterordnung kann sich dadurch ausdrücken, daß der Vorsatz besteht, N nebenbei zu beachten oder H am meisten zu betonen. Ferner will man H und N zu einer Handlung verschmelzen mit dem Schlußziel der Reaktion. Rangordnung und Verschmelzung fordern sich gegenseitig.

Fünftes Kapitel.

Allgemeines über die Assoziationsgesetze.

§ 1. Zurückführung der Assoziationsgesetze.

1. Begrenzung des Fragepunktes. Was bedeutet das Assoziationsgesetz? *Claparède:* Manche Streitigkeiten über die Ursache der Assoziationen beruhen darauf, daß die Frage nicht scharf gestellt wird. Man muß hier drei verschiedene Fragen auseinanderhalten: a) die Bedingungen für die Bildung der Assoziation; diese vollzieht sich bei der ersten Erfahrung und ist damit fertig; b) worin die bleibende Assoziation später besteht, was ihr Mechanismus ist; c) welches die Bedingungen für die Reproduktion sind, dafür, daß unter den vielen Reproduktionstendenzen, die von gegenwärtigen Inhalten ausgehen, gerade diese den Sieg davonträgt. Die Bildung der Assoziationen ist dasjenige, was wir gegenwärtig ins Auge fassen. Als Assoziationsgesetz haben wir im ersten Kapitel vorläufig das Gesetz der Folge oder Gleichzeitigkeit in der Zeit genannt. Es ist nun die Frage, ob dieses das einzige Gesetz ist, oder der älteren Lehre entsprechend mehrere grundsätzlich einander gleichzuordnen sind.

Der Mechanismus der Assoziation: Die Gleichzeitigkeit der Bewußtseinszustände bewirkt eine gewisse Kontiguität zweier Eindrücke, eine bleibende Disposition. Man denkt sich das gewöhnlich so: das gleichzeitige Erregtsein zweier Nervenprozesse läßt eine Modifikation der Verbindungsbahn zurück, kraft deren später die eine Erregung die andere assoziierte nach sich zieht. Es scheint danach eine gewisse Kontiguität im Raume das Gesetz dieses Mechanismus zu sein. Ob das als Bahnung (Ausschleifung) von Nervenbahnen zu denken ist, wie es *Ziehen* beschreibt, oder wie sonst, können wir einstweilen noch nicht besprechen. Wir werden diese Streitfrage im sechsten Abschnitt vornehmen.

Von den Bedingungen für die Reproduktion der Vorstellungen endlich war schon die Rede in den einzelnen Gedächtnisgesetzen, welche die neuere Untersuchung ergeben hat. Über ihr Zusammenwirken für den tatsächlichen Vorstellungsverlauf wird in § 3 zu reden sein. — Wir handeln also zunächst von der ersten Bedeutung des Assoziationsgesetzes.

2. Die traditionelle Lehre über die Assoziationsgesetze. Die Grundlage der späteren Assoziationslehre findet sich anerkanntermaßen schon bei *Aristoteles*. *Claparède: Aristoteles* hat in genialer Weise die Gedächtnistatsachen geordnet; wir werden auf einen gesuchten Gedanken geführt, indem wir von einer andern Vorstellung ausgehen, durch das Mittel der Ähnlichkeit oder des Kontrastes oder der Kontiguität (worunter er die Nachbarschaft in Raum oder Zeit verstand).

Die Lehre wurde weitergebildet von *Malebranche* und besonders den englischen Assoziationspsychologen. Diese legen besonderes Gewicht auf die Kontiguität, die allein eine physiologische Erklärung erlaubt. Besonders die Späteren, *St. Mill* und *Bain*, gehen darauf aus, das ganze Seelenleben durch Assoziationen zu erklären, die „Assoziationspsychologie“ im engeren Sinne. Hier fassen wir aus der ganzen Lehre nur einen Punkt heraus. Die ältere Darstellung kommt gewöhnlich auf drei Grundgesetze, welche als letzte betrachtet werden: das Gesetz der Ähnlichkeit, das Gesetz des Kontrastes, das Gesetz der Nachbarschaft in Raum oder Zeit. Die

Frage ist, ob das wirklich alles letzte Gesetze sind, oder ob sie teilweise weiter zurückgeführt werden können.

3. Die Zurückführung des Kontrastgesetzes ist am allgemeinsten zugestanden. Die Tatsache, daß eine Vorstellung leicht ihren Gegensatz wecke, ist bekannt. Die Sprache vereinigt solche Gegensätze mit Vorliebe: „Tag und Nacht“, „schwarz und weiß“, „Schmerz und Lust“; der Anblick des Riesen erinnert uns an den des Zwerges usw. Nun kann das Gesetz des Kontrastes als ein Sonderfall des Gesetzes der Ähnlichkeit gefaßt werden. Weiß erinnert nicht an ganz fremde Dinge, sondern an Schwarz, weil das eben auch eine Farbe und als solche ähnlich ist; also kontrastierende Vorstellungen reproduzieren einander, weil sie verwandt sind. Aber warum assoziieren sich dann nicht eher die näher verwandten, Weiß und Gelb? Auch das geschieht wieder wegen einer zweiten, diesmal begrifflichen Ähnlichkeit, in der eben das Wesen des Kontrastes besteht: Weiß und Schwarz haben noch das gemeinsam, daß sie beide je an einem Ende der Farbenreihe stehen, sie haben den Charakter des Äußersten gemeinsam. Das zeigt, daß das Kontrastgesetz kein letztes Gesetz ist; trotzdem kann man es als wichtigen Sonderfall des Ähnlichkeitsgesetzes weiter so benennen.

In vielen Fällen ist es übrigens naheliegend, die Kontrastassoziationen direkt auf Kontiguität zurückzuführen. Häufig hat nämlich die Sprache schon solche Gegensätze zusammengestellt. Wir lesen oft von jung und alt, Leben und Tod, Berg und Tal. Diese Zusammenstellung in der Sprache hat selbst wieder verschiedene Gründe: es wird dadurch Phantasie und Gefühl mehr angeregt. Ferner finden sich in der Natur solche Objekte oft dicht nebeneinander: Berg und Tal sehen wir unmittelbar nebeneinander, ebenso Leben und Tod, Nacht und Tag. Wenn die den Gegensatz definierende gemeinsame Eigenschaft als solche zum Bewußtsein kommt, kann es sich auch unmittelbar um eine Kontiguitätsassoziation handeln. „Zwerg“ weckt etwa die Vorstellung: „eine starke Abweichung von der normalen Größe“, woran sich dann die andere bekannte Abweichung schließen kann.

Der Hauptsache nach wurzelt indessen die assoziative Kraft des Kontrastes wohl im begleitenden Gefühl, welches durch den Gegensatz mächtig angeregt wird und dadurch gerade eine solche Nebeneinanderstellung begünstigt. Wegen des Gefühlseindrucks ist diese Assoziation stärker als eine beliebige andere.

4. Die Streitfrage über das Ähnlichkeitsgesetz. Nach *Höffding* schließt eine Zurückführung des Ähnlichkeitsgesetzes auf das Berührungsgesetz die Voraussetzung ein, daß jede Ähnlichkeit Gleichheit der Teile sei; das ist aber bekanntlich nicht der Fall. Gelb und Orange sind ähnlich, aber beide einfach. Ja nach ihm schließt umgekehrt jede Kontiguitätsassoziation eine Ähnlichkeitsassoziation ein. Ein Apfel (A), den ich jetzt sehe, erinnert mich vielleicht an das Paradies (P). Diese beiden waren in meiner bisherigen Erfahrung nie zusammen; aber auf einem Bilde, das ich früher gesehen, war ein anderer Apfel (A') zusammen mit dem Paradies (P). Es muß mich also der Apfel A zunächst an A' erinnern, was nicht auf reiner Kontiguität beruht, da beide nie zusammen waren, sondern auf einer Ähnlichkeit. — Die meisten heutigen Psychologen sprechen sich dagegen für die Zurückführbarkeit des Ähnlichkeitsgesetzes auf das Gesetz der Kontiguität aus. So *Horwicz*,

Lehmann, James, Baldwin, Rabier, Sully, Külpe, Ebbinghaus, Claparède. Einigen ist der durchschlagende Grund der, daß nur so eine physiologische Erklärung des Assoziationsgesetzes gegeben werden könne. *Wundt* bringt vor, diese Ansicht verdiene den Vorzug, weil sie alles auf dasselbe Prinzip, nämlich die Kontiguität, zurückführe, während die Anhänger der Ähnlichkeitsassoziation neben der Ähnlichkeit doch noch Kontiguität annehmen müßten. Er selbst betrachtet übrigens als Elemente jeder Assoziation Gleichheit und Berührung; die Gleichheit nimmt er an zwischen den elementaren Bestandteilen und führt die Ähnlichkeit auf teilweise Gleichheit zurück.

Der schwierigste Punkt dieser Theorie ist sicher die Ähnlichkeit in dem Falle, wo sie nicht als teilweise Gleichheit gefaßt werden kann. Es genügt nicht, mit *Claparède* darauf hinzuweisen, daß verschiedene Farben häufig nebeneinander wahrgenommen wurden, etwa im Regenbogen; das verbindet alle Farben mit allen, zeichnet nicht einzelne aus. Die Gemeinsamkeit des Namens für ähnliche Schattierungen erklärt nicht, daß schon das erste gesehene Violett blau genannt wird, wenn für letzteres bisher der Name allein bekannt war. Bei der Ähnlichkeit von Melodien, von Figuren verschiedener Größe wird auf die gemeinsame Ordnung, die Gestalt hingewiesen. Aber zwei verschieden große Kreise haben kein einziges sinnliches Element gemeinsam und wecken doch unmittelbar denselben Namen, der bei einem gelernt wurde. — Zur Erklärung ist vielmehr nach *Müller* die Tatsache der Substitution heranzuziehen.

5. Die Substitution (*MuP*).

Angenommen, a besitze die Tendenz, b zu wecken. Es werde nun a' gegeben, das dem a ähnlich ist. Vorausgesetzt wird, daß a' nie mit b zusammen im Bewußtsein war. Dann besteht, wie *Müller* und *Pilzecker* beweisen, unmittelbar eine Tendenz, daß auch a' das b reproduziert, indem sich gewissermaßen für a' das ähnliche a substituiert. Dieses ist die aktive Substitution. Die Wahrscheinlichkeit, daß a' das b reproduziere, hängt ab 1) von der Stärke der Assoziation $a\,b$; 2) von der Ähnlichkeit des a' mit a; 3) davon, ob a' schon vielleicht sehr fest mit andern Vorstellungen assoziiert ist. Ein Kind lernt etwa den Namen für das gesehene Blau. Es sieht nun später Violett, dessen Namen es noch nicht kennt. Dann besteht eine große Wahrscheinlichkeit, daß es diese Farbe „blau" nennen wird. Das beruht nicht auf Gleichheit der Teile. Denn die Farben sind einfach und doch einander ähnlich. Ebenso kann eine Melodie in eine andere Tonart transponiert werden, so daß kein Ton gleich bleibt; die Ähnlichkeit beruht hier allein auf der Gleichheit der Verhältnisse, der Intervalle. Und doch weckt die transponierte Melodie mit Leichtigkeit und Sicherheit den Namen (*MuP* § 42).

Eine Anwendung dieser Substitution ist es, daß wir die Erfahrungen, die wir an wenigen Exemplaren einer Art gemacht haben, sofort auf andere Exemplare derselben Art übertragen. Es kommt uns da ohne weiteres das in den Sinn, was wir bei den andern Exemplaren gefunden haben.

Diese Tatsache der aktiven Substitution gestattet nun eine Ausdehnung des allgemeinen Assoziationsgesetzes der zeitlichen Kontiguität. Es ist danach zur Reproduktion nicht mehr nötig, daß die gegenwärtige Vorstellung mit der früheren vollständig gleich sei; es genügt, daß sie ihr ähnlich ist. Beim Lesenlernen nennt das Kind zu den gesehenen Buchstaben die Laute, nicht bloß wenn genau dieselben Buchstaben vor-

geführt werden, sondern auch bei kleineren, etwas verschiedenen Buchstaben. Die Auslösung reproduzierter Vorstellungen bei bloßer Ähnlichkeit der Anfangsglieder ist dabei eine letzte, nicht weiter zurückführbare Tatsache.

Auf dieses so erweiterte Kontiguitätsgesetz läßt sich natürlich das sogenannte Ähnlichkeitsgesetz ohne Schwierigkeit zurückführen. Bei der Ähnlichkeitsassoziation handelt es sich um Kontiguitätsreproduktion von einem ähnlichen Anfangsgliede aus, um die aktive Substitution. So erklären sich leicht die vorgenannten Beispiele von *Höffding*. Darin liegt wohl das berechtigte Element des früheren Ähnlichkeitsgesetzes. Trotzdem ist das nicht mehr das Ähnlichkeitsgesetz im alten Sinne. Eine Ähnlichkeitsassoziation im alten Sinne wäre es, wenn die Wahrnehmung a' die ihr ähnliche a ins Bewußtsein riefe, von der aus dann die Berührungsassoziation der Erfahrung entsprechend nach b weiterginge; der Übergang a' a wäre die eigentliche Ähnlichkeitsassoziation, a b die Kontiguitätsassoziation. Die von uns angenommene Reproduktion durch ähnliche Ausgangsglieder dagegen besagt: Wenn die jetzige Wahrnehmung a' der früheren a ähnlich und a mit b assoziiert ist, so ruft jetzt a', ohne erst das a ins Bewußtsein zu führen, direkt die Vorstellung b wach.

Die im früheren Sinne aufgefaßte Ähnlichkeitsassoziation nehmen wir nicht an, weil sie gegen die Erfahrung ist. Wenn man aus einer gewissen Umwölkung ein Gewitter erwartet, so denkt man nicht erst an die andersartige frühere Umwölkung, welche ein Gewitter zur Folge hatte, sondern geht direkt von der jetzt gesehenen zum Gewitter über. Wenn das Kind das zum ersten Mal gesehene Violett blau nennt, dann wird nicht erst das Bild von Blau geweckt, sondern es tritt das Wort direkt dazu. Wenn ein Bild an den abgebildeten Menschen erinnert, so ist das erste, was mir kommt, gewöhnlich der Name des Betreffenden oder etwas anderes, nicht dagegen sein früheres Bild. *Hamilton* wendete ein: Ein wahrgenommenes Objekt kann mich nicht an ein früheres gleiches erinnern ohne eigentliche Ähnlichkeitsassoziation; das reproduzierte Objekt ruft dann nachträglich die Umgebung wach. Aber das Gegenteil ist richtig: es ist eine notwendige Vorbedingung für die Erinnerung an ein früheres Objekt, daß erst die umgebenden Objekte geweckt werden. Solange ich nämlich nur das im Bewußtsein habe, was die Wahrnehmung bietet, erkenne ich diese, nicht ein anderes früher dagewesenes Objekt. Ich muß erst eine Verschiedenheit von dem gegenwärtigen Objekt darin sehen, sei es zeitlich oder sonstwie; es muß erst ein anderes werden, um mit dem gegenwärtigen überhaupt verglichen werden zu können. Diese Verschiedenheit wird aber erst durch die Kontiguitätsassoziation vom ähnlichen Ausgangsglied her geliefert.

Es ist übrigens zu beachten, daß wir hier nur eine Tatsachenfrage entschieden, keine Erklärung dafür gegeben haben. Es ist eine Tatsache, daß für ein Glied einfach die Berührungsassoziation eines ähnlichen Gliedes eintreten kann, ohne daß das ähnliche Ausgangsglied ins Bewußtsein tritt. Wie das etwa auf physiologische Vorgänge zurückgeführt werden kann, ob überhaupt eine solche materielle Erklärung möglich ist, darüber bleibt später zu handeln. *Offner* spricht von einem hypothetischen Gesetz der Resonanz; wie ein Ton Saiten zum Mitschwingen bringt, so pflanzt sich auch eine Dispositionserregung frei weiter und bringt Dispositionen ähnlicher Qualität zur Miterregung. Ähnlich *Koffka*. Das wäre in der Tat die alte Ähnlichkeitsassoziation selbst, wenigstens auf physiologischem Gebiet, der direkte Übergang vom Ähnlichen zum Ähnlichen. Da wäre aber durchaus zu erwarten, daß auch psychisch das ähnliche Glied zuerst geweckt würde, was den Tatsachen widerspricht.

6. Übergang auf Ähnliches im Bewußtsein. Neben der genannten Klasse von Assoziationen der Ähnlichkeit bleibt übrigens noch eine andere, bei der diese Erklärung nicht genügt, weil da wirklich im Bewußtsein ein direkter Übergang von einem Gliede zum ähnlichen stattfindet. So kommen bei Reizwörtern bisweilen Klangassoziationen vor, besonders häufig bei sinnlosen. Da liegt gewöhnlich teilweise Gleichheit der Laute vor. Aber es findet sich auch relative Gleichheit in den Formähnlichkeiten zwischen Reizwort und Reaktionswort, in der Gleichsilbigkeit, der gleichen grammatischen Kategorie, der Bevorzugung des gleichen Gedankenkreises.

Koffka glaubt für die Erklärung annehmen zu müssen, daß ein Erregungsvorgang direkt durch einen ähnlichen geweckt werde. Abgesehen von dem früher dagegen Gesagten ist nicht verständlich, was ein solcher ähnlicher Erregungsvorgang bedeuten soll, wenn es sich um Gestaltgrößen handelt, wo die Elemente sämtlich ungleich sind und nur ein durch Abstraktion isolierbares gleiches Moment vorhanden ist, wie etwa das gleiche Gesetz des Kreises. *G. E. Müller,* der die Erscheinung als Fehlerfälle antraf, spricht von passiver Substitution. Ein Teil vom richtigen Wort taucht auf und wird dann versuchsweise ergänzt. Die Häufigkeit solcher Fälle wies erst *Peters* nach, dessen Erklärung, wie wir sahen, auf ein Zusammenwirken von Berührungsassoziation und Perseverationstendenz hinausläuft. Wenn an $(abcd)$ sich $(abmn)$ anschließt, so ist (ab) durch Perseveration geblieben, dieses weckt durch Berührungsassoziation (mn). Daß die erste Vorstellung nicht ganz. sondern nur teilweise verharrt, wird an dem Bestreben liegen, etwas Neues anzugeben.

Der Grundgedanke dieser Erklärung scheint ansprechend; man wird zu seiner Vertiefung auf die eigentliche Bedeutung der Perseveration zurückgehen müssen. Danach handelt es sich um die Anwesenheit vieler Elemente zugleich im Bewußtsein. Innerhalb des Bewußtseins aber ist die Ähnlichkeit jeglicher Art ein als solches erkennbares Element, das keine Assoziationsvermittlung verlangt. Muß man auf sinnlose Silben möglichst schnell sinnlos reagieren, so wird man die Einstellung benutzen, das vorhandene Material nur wenig zu verändern. Das ist leichter, als entfernte Möglichkeiten aufsuchen. In der Bevorzugung der gleichen Wortklasse, Silbenzahl usw. liegt aber, wie *Koffka* mit Recht bemerkt, die Einstellung auf naheliegende Formen. Ebenso liegen die inhaltlich benachbarten Vorstellungen näher, für die das gegenwärtige und in nächster Zukunft öfter auftauchende Reizwort das Vorbild ist, das den ganzen Vorstellungskreis anregt. Beim Suchen nach einer passenden Reaktion wird man dieses schon bestimmte Gebiet bevorzugen, statt unter den andern möglichen erst nachzuforschen. Durch Betonen dieses Gebietes mit der Aufmerksamkeit werden aber die Assoziationen in dieser Richtung bevorzugt. Eine Melodie kann leicht von einem beliebigen Ton aus gesungen werden, indem die Intervalle der Reihe nach auftauchen, die man von jedem Ton aus bilden kann.

7. Der Hinweis auf höhere Assoziationen. Geschieht hier der Übergang auf Ähnliches innerhalb des Bewußtseins, wo er keine große Schwierigkeit macht, so versagt die Erklärung, wenn ein unbewußtes, im Gedächtnis befindliches Objekt geweckt wird, ohne daß der Übergang durch Kontiguität wie ein assoziiertes Wort erklärt werden kann. Solche Fälle führt *Schlüter* an (ZPs 68, 103), was *G. E. Müller* veranlaßt, doch wieder ein ursprüngliches Assoziationsgesetz der Ähnlichkeit anzuerkennen. Es kam in den Experimenten vor, daß ein vorgezeigtes Objekt ein früher gesehenes weckte, welches ihm nicht gleich, sondern bloß ähnlich war. Und zwar geschah das nicht nur, wenn die Benennung vermitteln konnte, sondern auch, wenn der Name dafür ganz ungeläufig oder unbekannt war, ja selbst wenn die Bedeutung des Objektes nicht erkannt wurde. Da war also eine Nebenvorstellung aus der Kenntnis der Bedeutung ausgeschlossen. Auch kann man nicht von teilweiser Gleichheit reden; denn die Ähnlichkeit bestand oft bloß in der Form, z. B. zwischen einer

kleinen weißen und einer großen schwarzen Sicherheitsnadel. — Schon *Bühler* hatte gezeigt, daß verwandte Gedanken sich gegenseitig wecken können ohne Vermittlung von gemeinsamen Worten und ohne im Bewußtsein zusammen vorgekommen zu sein. Die Bedeutung eines Wortes, wie sie im Bewußtsein erscheint, ist schwer beschreibbar; ein verstandenes Wort weckt durchaus nicht die genaue Definition, sondern gewöhnlich zunächst eine ähnliche Begriffssphäre. Die Sphären verwandter Worte greifen ineinander über und können sich so gegenseitig wachrufen. Wir hätten also einen Fall der Ähnlichkeitsassoziation, der das Besondere hat, daß das Gemeinsame Formen oder Begriffe ausmacht.

Zur Erklärung: Wollte man in solchen Beispielen die Ähnlichkeit in teilweise Gleichheit auflösen, so wird man allerdings, wie *Müller* betont, mit rein sinnlichen Elementen nicht durchkommen. Auf dieser Grundlage ließe sich einer eigentlichen Ähnlichkeitsassoziation schwerlich ausweichen. Dagegen erscheint eine Zurückführung auf gleiche Elemente nicht unmöglich, wenn man neben Assoziationen für sinnliche Elemente auch solche für begriffliche Elemente annimmt, die verschiedene Grade der Abstraktion darstellen und als solche reproduziert werden können. Dann kann eine Form als solche aufgefaßt werden, auch ohne genauere Definition oder genügende umschreibende Worte. Ebenso urteilt *Aveling* über selbst erfahrene Fälle; die Assoziation durch Ähnlichkeit hat sensistisch keine Erklärung ihrer Möglichkeit. Dagegen wird sie zu einer teilweisen Gleichheit, wenn sie begrifflich genommen wird; die Erfassung des allgemeineren Sinnes und von da aus der Übergang auf ein anderes Glied dieser Klasse liegt dann nahe. Wir treffen hier Gedanken wieder, die *Selz* in seinen Untersuchungen über Komplexergänzung und Wissensaktualisierung weitläufig ausführt (S. 575).

8. In dem allein verbleibenden Gesetz der Kontiguität ist nicht die Nachbarschaft des Raumes als solche gemeint, sondern die der Zeit. Die räumliche Nachbarschaft ist, wenn sie wirken soll, in der Zeitverbindung enthalten; es ist notwendig, daß die räumlichen Gebilde zeitlich zugleich im Bewußtsein seien. Man kann also das allgemeine Assoziationsgesetz aussprechen: Zwei oder mehrere Bewußtseinstatsachen assoziieren sich nur dann, wenn sie zeitlich benachbart sind. Das muß so verstanden werden, daß nicht volle Gleichheit des ersten Gliedes nötig ist, sondern auch bloße Ähnlichkeit genügt.

Münsterberg und ihm folgend *Claparède* glauben als einzig wirksame Bedingung die Gleichzeitigkeit aufstellen zu können, jede Folge sei auf Gleichzeitigkeit zurückzuführen. Es ist der erste Zustand noch vorhanden, wenn der zweite eintritt, wenigstens im primären Gedächtnis. Auch *Wohlgemuth* (BrJPs 7 [1914/15] 424 ff.) leugnet wie *Münsterberg* eigentliche Assoziationen der Folge, außer infolge des motorischen Elementes. Sonst sei die Assoziation rückwärts ebenso wirksam wie vorwärts. Die Beweise beider werden nicht als durchschlagend angesehen. Nur das scheint aus den Versuchen zu folgen, daß Glieder um so besser assoziiert werden, je mehr sie als Ganzes aufgefaßt werden. Das bestätigt *Meumann:* Eine unmittelbare Aufeinanderfolge, wie man früher meinte, ist nicht nötig. Wichtiger ist, daß die Eindrücke noch zu einer Einheit verschmelzen können. Von einem Teil eines Gedichtes kann man auf einen weit entfernten übergehen. Es ist mehr die logische und die anschauliche Vereinigung, auf welchen diese Assoziation der Teile eines Ganzen beruht. Die aufeinanderfolgenden Vorstellungen werden nicht deshalb assoziiert, weil sie aufeinanderfolgten, sondern weil sie Teile eines Ganzen geworden sind. Ebenso *Müller-Freienfels.* — Die zeitliche Kontiguität, der Kern der Assoziation, muß also genauer als eine Art Vereinheitlichung im Bewußtsein verstanden werden; wie das ja auch die früheren Ausführungen über das Wesen des Lernens zeigten (S. 579 ff.).

In einem besondern Sinne untersucht *Ach* und seine Schule die Eigenschaften der simultanen Assoziationen, wie sie zwischen den Elementen eines Wortes bestehen. Es werden dafür diese Elemente in allen möglichen Permutationen miteinander verbunden, so daß die Reihenfolge ausgeschaltet wird. Auch für diese Arten von Assoziationen stellt *Ernst Meyer* (UntPsPh 1 [1910]) eine Reihe der bekannten Assoziationsgesetze fest: wie die Abhängigkeit von der Wiederholungszahl, den *Jost*schen Satz über den Einfluß der Zwischenzeit, die schädigende Wirkung der rückwirkenden Hemmung. Dagegen fehlten hier die assoziativen Hemmungen; das Bestehen von $A\ B$ hemmt nicht die Bildung von $A\ C$ und umgekehrt.

§ 2. Einige Grundeigenschaften des Bewußtseins in Querschnitt und Verlauf.

Zur Erklärung des Folgenden muß an einige Grundeigenschaften der Aufmerksamkeit erinnert werden.

1. Die Enge des Bewußtseins. In jedem Augenblick bestürmen eine große Menge von Eindrücken unser Bewußtsein; schon eine Menge äußerer Reize, der Druck der Kleider, die Körperhaltung, die Geräusche, die Reize für das Gesichtsorgan. Aber das ist nicht alles gleichzeitig wirklich bemerkt, sondern nur ein Teil davon. Diese Eigenschaft der Begrenztheit heißt „Enge des Bewußtseins", genauer Enge der Aufmerksamkeit. Denn das meiste Gegenwärtige bildet im Bewußtsein nur einen gewissen ungeschiedenen Hintergrund, auf dem sich sehr wenig, das von der Aufmerksamkeit bevorzugt ist, deutlich abhebt. Schon im Gesichtsfeld ist es gewöhnlich nur das gerade Fixierte. Wer sich deshalb eindringend mit etwas beschäftigen will, muß gleichzeitig andere Beschäftigungen meiden. Geschriebenes ist schwerer zu verstehen als Gedrucktes, weil die Mühe der Entzifferung einige Energie verbraucht. Bei öffentlichem Auftreten ist es schwer, gleichzeitig über das, was man sagen will, intensiv nachzudenken. Beim Lesen ist es schwer, gleichzeitig auf Inhalt und Stil zu achten. Deshalb lernen die stoffhungrigen Leser sehr wenig für den Stil. Da also nur wenig von den einstürmenden Sinneseindrücken und Erinnerungen beachtet werden kann, folgt eine Art Wettbewerb der verschiedenen Vorstellungen, ein „Kampf um das Bewußtsein".

Die Enge des Bewußtseins herrscht besonders stark im Traume oder in der Hypnose. Im Wachzustand befinden sich zahlreiche Vorstellungen, die sich auf die eigene Geschichte, die Gesetzmäßigkeiten der Natur usw. beziehen, in hoher Bereitschaft, lassen entgegengesetzte Gedanken nicht durchdringen. Diese Bereitschaft ist in der Hypnose stark herabgesetzt. Die Folge ist, daß dieses Wissen dann nicht mehr berichtigend in die von außen erweckten Vorstellungen eingreift. Das Gehirn kann offenbar nicht zwei intensive Tätigkeiten zugleich betreiben.

Poppelreuter suchte über die Größe des Bewußtseinsumfanges klarere Angaben zu erzielen. Nach ihm geht jede Wahrnehmung sofort in das sekundäre Erlebnis (das primäre Gedächtnis) über, wo sie als Vorstellung noch eine gewisse Zeit mit abnehmendem Bewußtseinsgrad bleibt. Die Teile dieses Sekundärerlebnisses bilden miteinander eine Einheit, verschmelzen im weiteren zeitlichen Verlauf immer mehr und verschwinden schließlich. Die Grenze, über die hinaus der Anfang nicht mehr klar oder überhaupt noch irgendwie bewußt ist, ist schwer anzugeben. In diesem Sekundärerlebnis sind die zeitlichen Verhältnisse der Teile gleichzeitig gegeben. Wie das Sekundärerlebnis, so ist auch die dasselbe wiedergebende Reproduktion eine Gesamtvorstellung mit vielen Lücken und Verdichtungen; dieselbe tritt als Gesamt-

erlebnis auf, um sich dann aus anfänglicher Unklarheit allmählich zu entwickeln; zuerst die Teile, die früher am wichtigsten erschienen.

2. Die Unbeständigkeit des Bewußtseins. Sie ist ein weiteres allgemeineres Gesetz der Aufmerksamkeit. Jede Vorstellung kann nur kurze Zeit festgehalten werden. Nach einer gewissen Zeit der Beschäftigung mit einem Stoffe tritt instinktiv das Verlangen nach etwas Neuem auf. Das gilt schon bei den Wahrnehmungen. Ein Stückchen Kreide möglichst andauernd und ausschließlich zu betrachten mit Ausschluß aller andern Vorstellungen, ist nicht für längere Zeit möglich. Diese Unbeständigkeit macht sich besonders gegenüber den Vorstellungen geltend. Pathologisch ist die Unbeständigkeit bisweilen stark herabgesetzt, und das ist kein Vorteil. *Sommer* ließ von der Versuchsperson einfache Dinge benennen: Bank, Schlüssel usw. Da fanden sich bei Kranken oft Zeiten von 10″, bis die Antwort kam, nicht etwa, weil die Assoziation zu schwach gewesen wäre, sondern weil die Person mit dem Sinneseindruck zu lange beschäftigt war, nicht von ihm loskam. Auch manche Normale brauchen ungewöhnlich lange Zeit, bis sie zur Auffassung von etwas Gesagtem kommen. Das sind nach einem Ausdruck *Müllers* die „subjektiv Gefesselten“. Die Unbeständigkeit dient dazu, unsrem Denken und Handeln die nötige Schnelligkeit zu geben; sie macht, daß wir an einem Eindruck nicht haften bleiben. Die Vorstellungen bekommen durch diese Reproduktion Mannigfaltigkeit. Es kommen so alle Vorstellungen zur Geltung, die zur gegenwärtigen Materie gehören.

Mit Recht bemerkt *Claparède,* daß die Eigenschaft der Unbeständigkeit nicht selbst durch die Assoziationsgesetze erklärt wird. Danach würde jede Idee sich selbst am nächsten sein und sich zu erhalten streben. Man kann dafür einstweilen an physiologische Erklärungsmöglichkeiten denken, z. B. daß der Nervenstrom eine Eigengeschwindigkeit habe, daß wie beim Abbrennen einer Zündschnur jede Erregung das Element, in dem sie sich gerade befindet, leistungsunfähig macht und sich auf benachbarte Elemente fortpflanzt. Der eigentliche Grund ist das aber nicht, darauf werden wir erst in der Lehre von der Aufmerksamkeit eingehen können.

3. Die Rolle des Willens bei Bildung der Assoziationen und besonders der Reproduktion ist im vorigen schon öfter gestreift worden. Für die folgende Streitfrage seien einige Beispiele seines Einflusses wieder zusammengestellt. Wir nehmen dabei den Willensentschluß vorläufig als Ganzes, wie er sich der direkten Erfahrung darbietet.

Mit Recht betont *Poppelreuter,* daß schon bei den gewöhnlichen Lernversuchen die Willenseinstellung eine erhebliche Rolle spielt. Es konnten bei der Trefferprüfung dreimal so viel richtige Treffer erzielt werden, wenn man die auftauchenden Vorstellungen auf ihre Richtigkeit prüfte und dementsprechend nannte, als wenn man die erste auftauchende Vorstellung angab. Daß auch schon beim Lernen der Wille von Bedeutung ist, wurde besonders bei den Übungserfolgen *Meumanns* klar, die durchaus an den Willen der Vervollkommnung gebunden waren und ohne ihn nicht stattfanden. Aber auch außerdem wissen wir heute aus dem Studium der Vorgänge beim Einprägen, daß es sich da nicht um passive Wahrnehmungen handelt, sondern um eine überaus aktive und mit dem Fortgang des Lernens sich verändernde Tätigkeit. *Aall* weist darauf hin, daß auch der Erfolg der Lerntätigkeit von der Willensabsicht be-

einflußt wird; davon hängt es ab, ob ein Stoff für kurze oder längere Zeit behalten wird. Vermutlich wird die Sorge für das Behalten bei dem, was man länger zu bewahren wünscht, von Zeit zu Zeit Wiederholungen wenigstens in einem Gesamtbild veranlassen, die unterlassen werden, wenn man glaubt, die Sache nicht mehr nötig zu haben.

Viel entscheidender zeigt sich die Rolle des Willens in den Assoziationsreaktionen. Wir haben da nicht bloß die allgemeine Einstellung durch die Instruktion, sondern eine Menge genauerer Bestimmungen, die die Versuchsperson sich selbst auferlegt, wie sie *Messer* und *Koffka* beschreiben. Gewiß ist die Willensherrschaft über die Assoziationen keine absolute; die gewünschten Vorstellungen kommen nicht einfach auf Befehl; und die Komplexforschung hat gelehrt, daß es selbst bei entschiedenstem Willen geschehen kann, daß eine Reproduktion, die man vermeiden wollte, sich unerkannt durchsetzt. Aber das kann nicht abhalten, die richtunggebende Stellung des Willens im ganzen Verlauf anzuerkennen. Insoweit nicht eine Komplexergänzung vorliegt, kommen die Vorstellungen in der Ausführung der Assoziationsreaktion von selbst und wird ihr Fortgang durch Annehmen oder Ablehnen so beeinflußt, daß die Aufgabe schließlich in befriedigender Weise gelöst wird. Der Unterschied ist besonders auffallend, wenn man pathologische Fälle vergleicht, wo diese Leistung abnorm geschwächt ist, wie bei der Ideenflucht.

Daß die Unterordnung mehrerer gleichzeitig zu lösender Aufgaben gerade im willkürlichen Festhalten einer bestimmten Struktur besteht, hat ausführlich *Westphal* gezeigt (S. 600).

§ 3. Genügt die Assoziationspsychologie zur Erklärung des Vorstellungsverlaufes?

Bei der Frage nach dem wirklichen Vorstellungsverlauf kann es sich nicht darum handeln, vorauszusagen, was in einem bestimmten Menschen der Reihe nach bewußt werden wird, sondern einzig, ob man in den bisher aufgeführten Gesetzen wenigstens alles Wesentliche besitze, um diesen Vorstellungsverlauf zu erklären. So glaubt man in der heutigen Physik im großen und ganzen alle Kräfte zu kennen, von denen das Wetter abhängig ist, obwohl wegen der Komplikation und wegen der unregelmäßigen Konstanten, die hier eingreifen, an eine eigentliche Vorausberechnung nicht gedacht werden kann.

1. Die extreme Assoziationspsychologie machte die Assoziationsgesetze zum Prinzip des ganzen Bewußtseinslebens, dessen Elemente die bloßen Empfindungen sein sollen. *Berkeley, Hartley, Hume* glaubten nicht bloß, den ganzen Mechanismus des geistigen Lebens, sondern sogar einen großen Teil des Inhaltes auf assoziierte Empfindungen zurückführen zu müssen. Nach *Hume* kommt der Begriff der Ursache von der Gewohnheit, zwei Zustände zu assoziieren, die sich immer in der Erfahrung zusammenfanden. Nach *James Mill* besteht der Unterschied von Erinnerung und Phantasiebild darin, daß wir beim ersteren die ganze Kette von Bewußtseinszuständen bis zum gegenwärtigen Augenblick übersehen. Selbst die Gefühle erklärte er so: Die Furcht ist die Vorstellung einer unangenehmen (!) Empfindung verbunden mit der Vorstellung ihrer zukünftigen Verwirklichung. Der Glaube beruht auf der untrennbaren Assoziation zweier Vorstellungen. *Stuart Mill,* der die Assoziationsgesetze auf dieselbe Stufe stellt wie das Gravitationsgesetz in der Physik, will zeigen, daß auch das Ich, die metaphysischen Prinzipien, die mathematischen Axiome, die Moralgesetze das Resultat eines Gewebes sind, dessen Materie allein die Empfindung ist. Nicht viel anders lautet die Erklärung bei *Ziehen.*

Müssen wir diese Übertreibungen auch als verfehlt zurückweisen, so brauchen wir deshalb nicht zu leugnen, daß die Assoziationspsychologie manche Verdienste

um die erklärende Seelenlehre besitzt. Sie richtete die Aufmerksamkeit mehr als vorher auf dieses überaus wichtige Triebrad des Seelenlebens, ordnete eine große Menge scheinbar beziehungsloser Vorgänge in Assoziationsvorgänge zusammen und brachte so die Erklärung wenigstens einen Schritt weiter. Man denke an die Erklärung der Lokalisation bei Tastraum und Gesichtsraum.

Als Mängel der Lehre zählt *Claparède* unter anderem auf (part 2, chap. 6): So verlieren die metaphysischen Prinzipien ihren allgemeinen Wert. Und doch beruhen alle Ableitungen der Wissenschaften, auch der Assoziationspsychologen, auf der Annahme eben dieser Allgemeingültigkeit der Denkgesetze. — Die Auflösung aller Bewußtseinszustände in Empfindungen widerspricht der innern Erfahrung. Die Gegner berufen sich auf eine Art geistiger Chemie, welche die Elemente in der Verbindung verändert erscheinen lasse. Aber wie soll aus psychischen Elementen ein qualitativ Anderes zustande kommen können? — Noch weniger erklären sich so die Begriffe der Ursache, der Verbindung, die neben den sinnlichen Elementen bestehen. Von diesem Unvermögen des Sensismus, das höhere intellektuelle Leben zu erklären, war schon eingehend die Rede (S. 428 ff.). — In diesem Sinne sagte einst *Naville:* Wenn die Assoziation allein existierte, dann existierte die Assoziationspsychologie nicht.

2. Eine gemilderte Fassung der Assoziationspsychologie, die auch heute sehr verbreitet ist, erkennt die Sondernatur der psychischen Elemente, der Empfindungen, Gefühle, Affekte, Strebungen usw. an, macht aber die Assoziation wenigstens zum einzigen Triebwerk des ganzen geistigen Lebens. Daß hier das eine oder andere Element im Bewußtsein auftaucht, liegt immer nur an der stärkeren Assoziation, mit Einschluß etwa einiger ähnlich wirkender Ursachen. So spricht es kurz *G. E. Müller* aus: Wir verstehen unter den Gesetzen der Vorstellungsreproduktion die Assoziation, Substitution, Perseveration, die Enge des Bewußtseins, seine Unbeständigkeit, den Einfluß der Aufmerksamkeit auf das Eintreten und die Deutlichkeit der Vorstellungsbilder, die Gesetze der motorischen Einstellungen usw. Ebenso schließen wir etwaige körperliche Einflüsse nicht aus (vgl. auch *Müller* in ZPs 82).

Ausführlicher beschreibt die Reihe dieser Ursachen *Claparède.* Für den Assoziationsprozeß ist von Bedeutung: a) Die Auffassung der Anfangsvorstellung. Es ist ein Unterschied, ob sich der Anblick eines Pferdes auf das Ganze bezog und deshalb etwa an den Reiter erinnert, oder auf seine Hufe und deshalb an den Hufschmied denken läßt. Darüber entscheidet die Aufmerksamkeitsverteilung beim gegenwärtigen Objekt. b) Die Tätigkeit der vorhandenen Vorstellungen nach den Assoziationsgesetzen. Diese hängt von der Gesamtheit der Bedingungen ab, welche die Stärke der Assoziation, die Kürze der Reproduktionszeit beeinflussen. c) Die Wirkung des Gefühlstones: es kann sein, daß die Vorstellung nicht selbst als solche, sondern durch einen Gefühlston eine Assoziation bewirkt. Dinge, die interessieren, hört man bei leisem Gespräche heraus, z. B. wenn in der Nähe der eigene Name genannt wird. d) Die Konstellation, z. B. die Begünstigung, welche eine Vorstellung durch gleichgerichtete Assoziationen erfährt. Die genannten Bedingungen sind im wesentlichen assoziativer Natur; sie bringen die Frucht der gemachten Erfahrung zum Ausdruck. — Nicht im engeren Sinne assoziativ sind nach einigen schon die Perseverationstendenzen, sicher aber e) der Einfluß der Umgebung, die gleichzeitigen Wahrnehmungen. Man fragt z. B. in einer Gesellschaft etwas, was man gerade bei diesem Gast nicht fragen durfte; man tadelt etwa den Geiz in Gegenwart eines bekannten Geizhalses. Die Wahrnehmung hat da die Frage angeregt. f) Der Einfluß

des unterliegenden Gefühls. Das gegenwärtige Gefühl trifft unter den Vorstellungen eine Auslese; diejenigen Vorstellungen werden bevorzugt, welche dazu passen. g) Die Individualität: Anlagen, Gewohnheiten, Gefühlsdispositionen, Vorstellungstypus usw.

Die Frage ist hier also, ob derartige Verbindungen der Vorstellungsassoziationen und ähnlicher auf gleicher Höhe stehender Bedingungen für die Erklärung des verständigen Gedankenlaufes genügen. *Tetens* meinte, die Assoziationen könnten allein nicht genügen, da durch sie immer vielerlei Resultate entstehen könnten. *Ebbinghaus* antwortet: Allerdings ist die gegenwärtige Vorstellung schon früher mit vielen andern bewußt gewesen, aber diese Assoziationen haben sehr verschiedene Stärke. Es kommt an auf die Anzahl der Wiederholungen, auf ihre Verteilung, auf Gefühlswert, Interesse, Alter, wechselseitige Hemmungen und Förderungen usw.; all das zusammen aber, was nichts der Assoziation Fremdes ist, liefert eine vollkommen zureichende und eindeutige Bestimmung. — Gegenüber dem Grunde von *Tetens* ist diese Antwort zweifellos im Recht. Es könnte ja auch im psychischen Leben so sein wie in der anorganischen Natur, wo trotz der unendlich vielen auf jedes Massenteilchen wirkenden Kräfte immer ein eindeutiger Naturlauf zustande kommt. Die Frage ist nur, ob wirklich im Gedankenlauf des wachen Lebens keine wesentlich andern Bedingungen für den Ablauf verantwortlich zu machen sind als die Assoziationsgesetze und anderes gleicher Art. Genauer spitzt sich die Frage zu nach der Bedeutung des Willens.

3. Die determinierenden Tendenzen oder die Rolle des Willens. Schon *Claparède* erwähnt neben den andern diesen Einfluß. *Meumann* beschreibt die Willenstätigkeit: Unsre Aktivität besteht darin, daß wir eine von uns selbst gebildete Zielvorstellung zum Mittelpunkt des Vorstellens machen; ferner daß wir durch Festhaltung dieser Vorstellung eine Einschränkung unter den Reproduktionen herbeiführen. Es wird dadurch der Lauf der Vorstellungen so lange beherrscht, bis wir unsern Entschluß ändern. — Noch eingehender *Witasek:* Die Assoziationspsychologie läßt nur Vorstellungen als bewußte Teilursache der Reproduktion zu. Aber wir können auch willkürlich unsre Vorstellungen lenken. Die reine Assoziation ist automatisch. Bei der willkürlichen Folge verspüren wir uns als aktiv, suchen die neue Vorstellung. Die willkürliche Vorstellungsverbindung ist notwendig für das wissenschaftliche Denken, das technische Erfinden. Einige sprechen hier von determinierenden Tendenzen, von der Aufgabe; unter deren Einfluß läuft die Assoziation nicht mehr frei ab.

Die Frage wird vielfach in der besondern Form gestellt, ob die Wirksamkeit der Aufgabe, der determinierenden Tendenzen sich aus den Assoziationsgesetzen erklären lasse oder nicht. Das wird besonders auch von der *Külpe*schen Schule geleugnet. Sie sagt, es gingen von der Zielvorstellung (Aufgabe) gewisse, das psychische Geschehen bestimmende, im Unbewußten wirkende determinierende Tendenzen aus, welche von den andern Reproduktionstendenzen wohl zu unterscheiden seien. *Ach* forderte die Versuchsperson auf, in einer Silbe, die teilweise mit andern in starke Assoziation gebracht war, die Buchstaben umzustellen, einen Reim darauf zu bilden usw. Da machte sich ein starker Widerstreit zwischen der Silbenassoziation und der Aufgabenwirkung geltend. *Dürr* erwähnt die Angabe von Versuchspersonen, der Reproduktionsvorgang wäre weiter gegangen, wenn sie nicht im Sinne der Auf-

gabe eingegriffen hätten. Das sei für die Assoziationspsychologie unerklärlich. Nach *Messer* reichen die Assoziationsgesetze nicht entfernt aus, im einzelnen zu erklären. warum die Erregung in bestimmter Weise weitergeht. Nach *Wreschner* würde die Theorie der Erfahrungsassoziation alles Erfinderische ausschließen. *Koffka* führt an, daß es manchen Versuchspersonen sehr schwer falle, zum Reizwort eine entsprechende Vorstellung zu erzeugen. Das sei durch die Wirkung der doch reichlich vorhandenen Assoziationen nicht begreiflich. Dagegen erklärt es sich, wenn zur Reproduktion auch determinierende Tendenzen gehören, und wenn die Aufgabe diesen Tendenzen nicht genügt habe. Ferner treten nicht allein Vorstellungen in den Versuchen auf, sondern auch unanschauliche Elemente, Gedanken, die überhaupt den ganzen Prozeß beherrschen; da versagt die Assoziationspsychologie. Die Erfüllungsvorstellungen unterscheiden sich von den Durchgangsvorstellungen dadurch, daß sie intentional sind, d. h. als Erfüllung einer Tendenz auftreten. Deshalb müssen wir von den gewöhnlichen Reproduktionstendenzen die intentional wirkenden determinierenden Tendenzen unterscheiden.

Müller (§ 126) erklärt die Aufgabenwirkung durch die gewöhnlichen Gesetzmäßigkeiten der Assoziationen. Bei den Willenshandlungen handelt es sich um eine Zielvorstellung und ihre Wirksamkeit. Bei den unmittelbaren Willenshandlungen hat die Zielvorstellung unmittelbar die Tätigkeit zur Folge: Ich empfinde Kälte, die Vorstellung des Fensterschließens taucht auf und bewirkt die entsprechende Handlung. Bei der willkürlich vorbereiteten Reaktion dagegen soll eine Handlung *V* geschehen, wenn eine Reaktionstätigkeit *R* eintritt. Hier bewirkt die Zielvorstellung direkt die Stiftung einer Assoziation *R-V*, infolge deren später beim Auftreten von *R* unmittelbar *V* nachfolgt. Die Zielvorstellung besitzt durch die Betonung von seiten der Aufmerksamkeit und wegen der Macht, mit welcher die ganze psychische Konstellation darauf hinwirkt, eine starke Neigung zur Wiederkehr ins Bewußtsein und die Eigenschaft, mit ihren Assoziationen stark zur Geltung zu kommen; zu diesen Ursachen kann die Autorität des Befehlenden, die Gewohnheit des Gehorchens mitwirken usw. Diese Zielvorstellung beeinflußt durch die von ihr ausgehenden Assoziationen den Vorstellungsverlauf, ruft beim Abirren darauf zurück, weist unzulängliche Lösungen ab, so daß es schließlich zum Erfolg kommen kann. Die ganze Überlegung vollzieht sich aber lediglich auf Grund von Assoziation und Perseveration.

Hieraus erklären sich die einzelnen Vorgänge beim Assoziationsprozeß. Wenn nach dem Reizwort wieder die Aufgabe selbst auftaucht, so ist das eben die Zielvorstellung, die weiter auf Grund der Assoziationsgesetze ein zur Erfüllung führendes Verhalten als unmittelbare Willenshandlung zur Folge hat. Wenn in andern Fällen die Aufgabe nicht mehr kommen muß. sondern gleich das zur Lösung dienliche zweckmäßige Verhalten, so ist dieses eben in der Vorbereitung oder den früheren Versuchen mit *R* assoziiert worden. Die willkürliche Vorbereitung assoziiert die Aufgabe mit *R* und gibt ihr eine gewisse Perseverationstendenz; ferner assoziiert sie häufig *R* mit einer zweckmäßigen Verhaltungsweise, wobei auch diese eine gewisse Perseverationstendenz erwirbt. Durch den Einfluß einer größeren Zahl von Versuchen mit einer gleichen Aufgabe wird das Wiederauftreten der Aufgabevorstellung nach *R* immer mehr ausgeschaltet, eine unmittelbare Assoziation zwischen *R* und dem zweckmäßigen Verhalten geschaffen, eine assoziative Vorbereitung wird immer überflüssiger. Bisweilen läuft eine zweckmäßige Verhaltungsweise bloß bis zu einem gewissen Punkte von selbst richtig; dann muß die Aufgabe wieder auftauchen. Auch das enthält nichts Neues, daß die Versuchsperson die Aufgabe in mehrere hintereinander zu erfüllende Teilaufgaben verwandelt und jede an das Ergebnis der vorigen anknüpft.

Wenn also bei *Ach* die Aufgabe mit einer vorher gestifteten Assoziation in Widerstreit geriet, so besteht dieser Widerstreit in Wahrheit zwischen zwei ent-

gegengesetzt wirkenden Assoziationen. Die willkürliche Vorbereitung hat ja eine der gegebenen entgegengesetzte Assoziation bewirkt. Daß diese sich gegenseitig hemmen, ist verständlich. — Daß ein Reproduktionsverlauf eine andere Wendung nimmt, wenn man im Sinne der Aufgabe eingreift, ist nicht gegen die Assoziationsgesetze; denn auch nach diesen kann die Zielvorstellung auftreten, auch wenn andere da sind. — Daß es oft lange braucht, eine passende Reaktionsvorstellung zu erzeugen, ist nicht wunderbar; dieselbe soll vielen teils bewußten teils unbewußten Tendenzen entsprechen, und das kann Zeit erfordern. — In den unanschaulichen Elementen, die nach *Koffka* den Prozeß beherrschen, liegt nach *Müller* keine Durchbrechung der Assoziationstheorie, die überhaupt auf alle Bewußtseinszustände bezogen werden kann, selbst auf Gefühle. — Wenn die Erfüllungsvorstellung sich von andern dadurch unterscheidet, daß sie intentional auftritt, so findet *Müller* dieses Anerkennen einer Vorstellung als einer solchen, welche die Aufgabe erfülle, mit der Assoziationspsychologie nicht unvereinbar.

Es genüge, auf diese für die Streitfrage typischen Gründe und Gegengründe eingegangen zu sein. Schon aus dem Vorgebrachten ergibt sich mit befriedigender Klarheit der Anteil von Wahrheit, der beiden Ansichten zukommt.

Der *Külpe*schen Schule wird zugegeben werden müssen, daß sie die Eigenart der Bewußtseinselemente, die hier in Frage kommen und offenbar eine entscheidende Rolle spielen, mit Recht in den Vordergrund rückt und das Ungenügen der sensistischen Erklärung in dieser Beziehung hervorgehoben hat. Wenn die Versuchsperson die Aufgabe annimmt und dementsprechend zu handeln beschließt, so ist das eine Willensentscheidung, die aus vernünftigen Gründen erfolgt und mit Konstanz festgehalten wird. Sie beherrscht dann in gewisser (nicht absoluter) Beziehung den ganzen Bewußtseinsinhalt, richtet die Aufmerksamkeit auf das, was für die Erfüllung nützlich erscheint, lenkt von anderem ab, entscheidet das Ende des Prozesses. Das Wort Zielvorstellung kann gewiß im selben Sinne verstanden werden als Vorstellung des Zieles in der willkürlich angenommenen und ebenso festgehaltenen Aufgabe; aber als bloße Vorstellung eines möglichen Zieles, die aufgetaucht ist, erklärt sie die Resultate nicht, auch nicht, wenn sie durch Konstellation oder Perseveration unterstützt wird; auch eine mich lange verfolgende Melodie, eine typische Perseveration wird deshalb noch nicht zum Zentrum meiner Tätigkeit. Daß eine ruhige, nüchtern überlegte Zielvorstellung rein als Vorstellung eine derartige beherrschende Kraft haben soll, alle späteren noch so starken Wahrnehmungen zu überwinden, wochenlang meine Hauptarbeit zu bestimmen, wie es bei der Ausführung eines lange Zeit beanspruchenden Planes geschieht, ist nicht verständlich. — Neben dieser Willensleitung wird, wie schon früher gezeigt, auch den eigentlichen Verständnisakten die rein sensistische Theorie nicht gerecht. So ist das Bewußtsein, daß eine Vorstellung der Aufgabe entspricht, im ausgeführten Falle ein evidentes Urteil. — Weiter betont *Selz* mit Recht, daß auch der Inhalt der Gedächtnisdispositionen nicht durch die Elementarassoziationen mit Hilfe von Konstellationen erklärt werden kann, sondern, wie das schon *Müller* aufwies, Komplexassoziationen anzunehmen sind (S. 575). *Müller-Freienfels:* Wenn wir aus dem Gedächtnis den Inhalt eines Buches angeben sollen, wird nicht von einer Phonographenwalze alles wiederholt, sondern von gewissen

Hauptpunkten aus greifen wir nach vorwärts und rückwärts heraus, was uns wichtig erscheint, und bauen so den Zusammenhang auf. Die ursprüngliche Kontinuität der Wahrnehmungen ist also nicht der Faden. — Diese Worte betonen gut die Eigenart des intellektuellen Gedächtnisses.

Fragt man dagegen nach dem Mechanismus, mittels dessen die im Bewußtsein vorhandenen Elemente andere aus dem Unbewußten herausholen, was im gegenwärtigen Kapitel allein in Frage steht, so scheint hier das Recht aufseiten der Assoziationspsychologie zu liegen. Determinierende Tendenzen mögen als Sonderfälle von Reproduktionstendenzen hervorgehoben werden; aber damit sind sie nicht als etwas von den assoziativen Tendenzen wesentlich Verschiedenes erwiesen. Wenn die Versuchsperson sich vornimmt, die beiden erscheinenden Zahlen mit einem + zu trennen im Sinne einer vorzunehmenden Addition, so taucht nach dem Erscheinen der Zahlen dieses Zeichen nicht durch einen neuen Mechanismus auf, sondern durch den gewöhnlichen der Assoziation. Wenn bei den Versuchen *Achs* eine durch Einprägung gestiftete Assoziation mit einer durch die Aufgabe bewirkten in Widerstreit gerät, so bleibt das, soweit es sich um den Widerstreit im Erscheinen der Reproduktion handelt, innerhalb des Gebietes der assoziativen Hemmungen. Etwas mehr haben wir erst, wenn dann diese Objekte bewußt werden, wovon wir gegenwärtig nicht handeln. Daß die der Aufgabe entsprechende Vorstellung überhaupt auftaucht oder nicht, liegt nicht unmittelbar an der Stärke der Willensspannung, sondern an der Stärke der bei der willkürlichen Vorbereitung gebildeten Assoziation im Verhältnis zu den damit in Wettbewerb tretenden Assoziationen. Der Wille hat kein anderes Mittel, das Auftauchen einer gewünschten Vorstellung zu erzielen, als durch Vermittlung der Assoziationen. Das Erscheinen von Vorstellungen wird nicht befohlen, sondern höchstens möglichst günstig beeinflußt. Also das Auftauchen der Bewußtseinselemente liegt direkt am Assoziationsmechanismus, das Durchsetzen der aufgetauchten Bewußtseinselemente dagegen liegt normal am Willen.

Zusammenfassend: Die assoziativen Reproduktionstendenzen und die ihnen gleichwertigen Ursachen sind ein Mittel, und zwar ein absolut unentbehrliches Mittel, um zu den gewünschten Vorstellungen, Gedanken usw. zu gelangen. Die Notwendigkeit dieses Mittels kann kaum überschätzt werden. Wie der Wille ohne Nerven und Muskeln keine Bewegung der Glieder leisten kann, wie die Vegetation ohne chemische Affinitäten der Teile nichts ausrichtet, so ist auch unser ganzes Bewußtseinsleben an die mächtige und alles durchdringende Wirksamkeit der Assoziationen gebunden. Aber die Assoziation bleibt das Werkzeug eines höheren Einflusses, des Willens. Dieser ist es, der die von selbst nach ihren eigenen Gesetzen auftauchenden Vorstellungen entweder zuläßt oder verwirft, der den Nachdruck auf gewisse Vorstellungen legt, sie durch Gefühle, Motive usw. verstärkt und immer wieder darauf zurückkommt; durch diesen indirekten, aber richtunggebenden Einfluß wird der normale Gedankenverlauf des wachen Lebens hervorgebracht, im Gegensatz zu dem von Assoziationen und Perseverationen weit mehr beherrschten Gedankenverlauf des Traumes oder der Träumerei.

Namenverzeichnis.

Die fettgedruckten Zahlen geben die Seite an, auf der eine Arbeit des genannten Autors nach Titel oder Zeitschrift genauer angeführt wird. Ein f. hinter der Zahl bedeutet die nächstfolgende, ff. die zwei nächstfolgenden Seiten.

Sachregister.

Die Pädagogik des XX. Jahrhunderts

Ein kritischer Rückblick und programmatischer Ausblick

VON DR. GEORG GRUNWALD

Hochschulprofessor in Regensburg

„Die Pädagogik der Gegenwart bedarf dringend des sachlich bestimmten, nicht auf Personenkultus beruhenden, selbständigen Denkens; nicht auf die Pädagogik dieses oder jenes Autors kommt es an, sondern auf Verständnis der grundlegenden Problematik.“ Grunwald darf das schreiben. Er versteht, selbständig zu denken. Daß es schwer ist, einheitliche Ordnung in all die Auffassungen und Reformvorschläge und Richtungen und Strömungen zu bringen, die sich seit 25 Jahren schneller und schneller ablösen, ist ihm eben recht. Er packt zu und greift durch.

Wo stehen wir und welchen Weg müssen wir gehen, das sind die Fragen. Er gibt zur ersten einen kritischen Rückblick auf die Pädagogik des 20. Jahrhunderts:

1. die revolutionäre, die ohne Anlehnung an eine bestimmte Wissenschaft lediglich von Zeitverhältnissen ausgeht und statt einzelner Reformen eine grundstürzende Umgestaltung verlangt;
2. die experimentelle, die sich die sorgfältigen Methoden moderner Naturwissenschaft zum Muster nimmt;
3. die philosophische, die der Erziehungswissenschaft eine bestimmte Weltanschauung voraussetzt und die Philosophie in diesem Sinne zu Grunde legt;
4. die theologische, die wiederum die Weltanschauung auf dem Glauben beruhen läßt und ihre Erkenntnisse aus der Theologie ableitet.

Damit ist ihm und uns die gegenwärtige Situation klar und der Ausblick frei. Zwanglos ergeben sich positiv begründete Methoden für eine Weiterarbeit, welche der Pädagogik endlich bestimmenden Anteil an der Entwicklung aller Volkskreise zu geistigem Wohlstande sichert.

Allen Pädagogen sei dieses bis heute einzigartige Buch angelegentlich empfohlen. Aber auch den Nichtpädagogen. Denn Grunwald errichtet keine undurchdringliche Mauer von Fachausdrücken um seine Wissenschaft, so daß alle mit Erstaunen sehen, wie interessant sie ist. Auch wer nicht zu einem „Lehrkörper“ gehört, sofern sein Bildungswille nur über Tagesfragen hinausgeht, wird Grunwalds Buch mit Anteilnahme lesen und fortan wissen, daß Pädagogik, so verstanden, auch ihn angeht.

VERLAG HERDER / FREIBURG IM BREISGAU

INHALTSÜBERSICHT

AUS DEN BESPRECHUNGEN

Dr. Jos. Rombach in der Badischen Schulzeitung:
... so reich an pädagogischer Materie, verarbeitet in eigener Art, und so sehr geeignet, zu pädagogischem Denken anzuleiten, daß es in die Hände jedes Pädagogik-Studierenden und jedes Berufserziehers gehört, dem an Erweiterung seines Wissens und Angleichung an die kommende Erziehergeneration gelegen ist.

Bayerisches Bildungswesen:
... Das klar gegliederte, reichhaltige Werk wird allen, die an der Gestaltung unserer Zeit mitwirken wollen, gute Dienste tun.

P. Alois Mager O. S. B. in der Benediktinischen Monatsschrift:
... Alle theoretisch und praktisch Interessierten werden es freudig begrüßen. Dank einer ausgezeichneten Methode gelingt es dem Verfasser, den ungeheueren Stoff in einer klaren Übersicht zu meistern.

Berliner Morgenzeitung:
... Anerkennenswert ist, mit welcher objektiven Einfühlungsgabe er alle neuen Strömungen schildert ... Jedem Studenten und Lehrer kann dieses Werk empfohlen werden.

Blätter für die Schulpraxis, Nürnberg:
... besonders wertvoll seine klare, sachliche Stellungnahme und sorgfältige Analyse ... Das hervorragende Buch sollte von allen Lehrerbildnern beachtet werden.

Prof. Dr. Scheller im Bonifatiusboten, Fulda:
... klare, durchsichtige Zusammenstellung dieser neuesten Strömungen, für systematisches Studium der pädagogischen und katechetischen Wissenschaft wertvoll. Zuverlässiges Nachschlagebuch zur raschen Orientierung.

Dr. A. Wagner in der Deutschen Rundschau, Warnsdorf:
Dem katholischen Pädagogen und Lehrer hat das Buch viel zu sagen; es verdient allgemeine Beachtung.

Deutsche Schule an der Saar:
... In Arbeitsgemeinschaften wird man nach seiner Durcharbeitung eine gute Orientierung über das Gesamtziel der Pädagogik haben.

Katholische Schulzeitung, Breslau:
... Beachtenswert sind seine ausführlichen Vorschläge, die eine Verbesserung der Methode erstreben ...

Katholisches Gemeindeblatt, Karlsruhe:
... Ein Markstein und Wegweiser ... er versteht selbständig zu denken. Er schafft einheitliche Ordnung in all den pädagogischen Auffassungen und Richtungen und Strömungen, die sich seit 25 Jahren schneller und schneller ablösen.

Wilhelm Kahl, Köln-Lindenthal im Literarischen Handweiser, Freiburg im Breisgau:
... Größere, den Gegenstand gründlich erschöpfende Darstellung, die auch die katholische Auffassung zu ihrem Recht kommen läßt. Keine wesentliche Erscheinung ist übergangen ...

Literarischer Ratgeber für die Katholiken Deutschlands:
... Gründliche Kenntnis der einschlägigen Literatur ... wird auch außerhalb der pädagogischen Zunft gebührende Beachtung finden.

Magazin für Pädagogik:
... kommt entschieden einem Zeitbedürfnis entgegen.

Dr. Otto Tumlirz in den Monatsheften für Deutsche Erziehung, Graz:
... souveräne Beherrschung aller Strömungen. Bescheiden nennt er sein Werk eine Vorarbeit.... Das Buch ist freilich viel mehr, ist eine besinnliche, sachliche, schöpferisch kritische Rückschau, eine zuversichtliche Vorausschau. Seine Sachlichkeit und Unvoreingenommenheit, seine vornehme Zurückhaltung, sein Bestreben, auch andere Standpunkte zu verstehen, verdienen Anerkennung. Das Buch wird auch protestantischen Lesern viel sagen und ob der Zusammenhänge zwischen Pädagogik, Jugendpsychologie und Philosophie auch die Vertreter dieser Fächer interessieren....

Das Neue Reich, Wien:

... Was mehrere vor ihm versucht haben, vermag Grunwald in überraschend klarer Weise ..., erschöpfend und völlig übersichtlich. ... wichtig für das Erfassen der Problematik, zur raschen Orientierung und zur Gewinnung eines Urteils über die einzelnen Strömungen.

Neue Sächsische Schulzeitung, Dresden:

... Klar, vorsichtig wägend ... auch für protestantische Erzieher sehr wertvoll, wie überhaupt die hier vorgetragene katholische Ansicht evangelischerseits volle Beachtung verdient.

Pädagogische Post, Bochum:

... so daß das Werk, dessen Verfasser wegen seiner leicht verständlichen Darstellungsart rühmlichst bekannt ist, in den weitesten Kreisen der an der Erziehung der Jugend Interessierten ernste Beachtung finden wird.

Pädagogisches Echo, Berlin:

... Der Verfasser kennt einen großen Teil der pädagogischen Literatur ... er bleibt ... immer sachlich.

Pharus, Donauwörth:

... Grunwalds Buch stellt eine sehr wertvolle Bereicherung der pädagogischen Literatur auf katholischer Seite dar.

Dr. Burger in „Die Quelle“, Wien:

... Erwartungen werden nicht enttäuscht ... geht den Dingen auf den Grund. ... Überhaupt muß das Streben, ... Gerechtigkeit walten zu lassen, anerkannt werden. Bücher von solcher Feinheit und Vornehmheit zeigen ...

Dr. Jansen in „Der Ring“, Neuß a. Rh.:

... klar und sehr sorgfältig. ... Sichere Linienführung, glückliche Auswahl ..., ruhig-sachliche Art. Fülle der Zukunftsarbeit ... verdient Empfehlung und Verbreitung.

Rottenburger Monatsschrift:

Das überaus inhaltsreiche Werk ... gut gelungen, enthält viel wertvolle Gedanken und wichtige Anregungen. Auch der Katechet wird aus dem Buch sehr viel lernen.

Schweizerisches Evangelisches Schulblatt, Basel:

... dankenswertes, aber schwieriges Unternehmen. ... Der eigentliche Wert scheint mir darin zu liegen, daß wir ein sehr schönes Beispiel einer Pädagogik von katholischer Seite haben. ... Er berührt sich dabei in manchen Punkten mit der Einstellung positiver Protestanten. Aber auch, wo das nicht der Fall, ist es interessant zu sehen, wie der Katholik vorgeht

Theologie und Glaube, Paderborn:

... Die einzelnen Richtungen erfahren in ihren Hauptvertretern eine hinreichende Skizzierung. ... Diese prinzipiellen Ausführungen über den Charakter der Pädagogik sind von wesentlicher Bedeutung. ... Grunwalds Buch mit seiner kritischen und programmatischen Einstellung darf für sich in Anspruch nehmen, diese Klärung von neuem angeregt und gefördert zu haben.

Westfälische Schulzeitung, Iserlohn:

... eine umfassende Kenntnis der Literatur, auch der nichtkatholischen, und diese Lebensoffenheit gibt dem Buche eine sympathische Note. ... Er ist so objektiv, daß er Gutes anerkennt, wo er es findet ...

Willman-Blätter, Prag:

... ich möchte fast sagen: eine Vermessenheit. Grunwald, der gründliche Kenner der Materie, der philosophisch und pädagogisch geschulte Kopf, durfte dies wagen. Er hat die Aufgabe ausgezeichnet gelöst. ... Diese aufbauende Kritik gibt uns katholischen Lehrern die wertvollsten Direktiven.

VERLAG HERDER / FREIBURG IM BREISGAU

